

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП ВО
доцент **В.Ю. Бажин**

Проректор по образовательной
деятельности доцент **Д.Г. Петраков**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Уровень высшего образования:	Магистратура
Направление подготовки	15.04.02 Технологические машины и оборудование
Направленность (профиль)	Оборудование нефтегазопереработки
Квалификация выпускника:	Магистр
Форма обучения:	очная
Составитель:	доцент Белоглазов И.И.

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Инженерный анализ технологического оборудования»
разработана:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки «15.04.02 Технологические машины и оборудование», утвержденного приказом Минобрнауки России № 1026 от 14.08.2020;

- на основании учебного плана магистратуры по направлению подготовки «15.04.02 Технологические машины и оборудование» направленность (профиль) «Оборудование нефтегазопереработки»

Составитель _____ к.т.н., И.И. Белоглазов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизация технологических процессов и производств от 15.02.2021 протокол №12

Заведующий кафедрой АТПП _____ д.т.н.,
доцент В.Ю. Бажин

Рабочая программа согласована:

Начальник отдела лицензирования, аккредитации и контроля качества образования _____ Ю.А. Дубровская

Начальник отдела методического обеспечения учебного процесса. _____ к.т.н. А.Ю. Романчиков

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «Инженерный анализ технологического оборудования» является формирование и конкретизация знания по основополагающим принципам теоретических основ инженерного анализа, получение практических навыков по работе в системах автоматизированного проектирования и инженерного анализа, подготовка выпускников к самостоятельному анализу и расчету деталей и узлов технологических машин и комплексов

Задачи дисциплины:

- получение знаний об этапах инженерного анализа технологического оборудования методами автоматизированного проектирования и инженерного анализа, а также содержание этих этапов;
- совершенствование знаний, умений и навыков по проектированию и современным методам анализа технологического оборудования на прочность, жесткость, устойчивость и колебания при действии статических и динамических нагрузок.
- освоение практических навыков работы с современными программами CAD+CAE, используя метод конечных элементов (МКЭ).
- изучение специфики обработки информации в среде прикладных программ;
- изучение особенностей оформления технологической документации с использованием информационных технологий;
- формирование навыков проведения расчетов и визуализации результатов

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Инженерный анализ технологического оборудования» относится к обязательной части Блока 1. Дисциплины (модули) основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 15.04.02 Технологические машины и оборудование и изучается в 2 семестре.

Дисциплина «Инженерный анализ технологического оборудования» является продолжением изучения численного моделирования и анализа оборудования после дисциплины «Компьютерные технологии в машиностроении».

Особенностью дисциплины является изучение компьютерных технологии и специализированных программных комплексов

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Инженерный анализ технологического оборудования» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемая компетенция		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	

Формируемая компетенция		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен организовывать работу коллективов исполнителей; принимать исполнительские решения в условиях спектра мнений; определять порядок выполнения работ, организовывать в подразделении работы по совершенствованию, модернизации и унификации выпускаемых изделий и их элементов, разработке проектов стандартов и сертификатов, обеспечивать адаптацию современных версий систем управления качеством к конкретным условиям производства на основе международных стандартов	ОПК-3	ОПК-3.2. Знает приемы модернизации и унификации выпускаемых изделий и их элементов, разработки проектов стандартов и сертификатов
Способен разрабатывать новое технологическое оборудование	ОПК-9	ОПК-9.1. Знает методы анализа технического уровня технологического оборудования
Способен разрабатывать современные методы исследования технологических машин и оборудования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	ОПК-12	ОПК-12.3. Знает теорию систем и системный анализ при исследовании технологических машин и оборудования
Способен вести опытно-конструкторскую деятельность, а также внедрять новую технику и технологии в области переработки нефти и газа	ПКС-3	ПКС - 3.1 Знать: <ul style="list-style-type: none"> - Базовые понятия и фундаментальные проблемы в системах автоматизированного проектирования технологических процессов; - принципы разработки и планирования бизнес-процессов с целью повышения темпов экономического развития предприятия; - определять рациональные режимы эксплуатации основного и вспомогательного оборудования нефтегазопереработки;

Формируемая компетенция		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
		ПКС -3.5 Владеть: - навыками разработки проектных решений; - навыками использования современных инструментов проектирования автоматизированных систем
Способен разрабатывать технические решения по модернизации и реконструкции оборудования и планирование ремонта технологических установок	ПКС-4	ПКС -4.2 Уметь: - использовать режимы работы специального оборудования для ремонта технологических установок;
		ПКС -4.3 Владеть: - навыками применения современных методов эксплуатации и ремонта реакторного и вспомогательного оборудования технологических процессов нефтегазопереработки

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины «Инженерный анализ технологического оборудования» составляет 4 зачетные единицы или 144 ак. часов

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		2
Аудиторная работа, в том числе:	51	51
Лекции	32	32
Практические занятия (ПЗ)	32	32
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	44	44
Выполнение курсовой работы (проекта)	-	-
Подготовка к лекциям	16	16
Подготовка к практическим занятиям	16	16
Подготовка к экзамену	8	8
Промежуточная аттестация – экзамен (Э)	Э (36)	Э (36)
Общая трудоемкость дисциплины		
	ак. час.	144
	зач. ед.	4

4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические работы и самостоятельная работа.

4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента, в том числе курсовая работа (проект)
Раздел 1. Статический и динамический конструкционный анализ	11	4	2	-	5
Раздел 2. Гидродинамический анализ	21	5	6	-	10
Итого:	108	32	32	-	44

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1.	Статический и динамический конструкционный анализ	Подготовка расчетных моделей Линейный прочностной расчет Постпроцессор Настройка вычислительной сетки Модальный, тепловой и многошаговый анализ	16
2.	Гидродинамический анализ	Основы CFD – моделирования: типовой рабочий процесс Обзор типового рабочего процесса и построение поверхностной сетки для водонепроницаемой геометрии Описание геометрии и построение объемной сетки Пользовательский интерфейс в режиме решения и настройки расчетной области Настройка физических моделей Обработка результатов расчета Процесс решения	16
Итого:			32

4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Разделы	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Генератор объектов	2
2		Линейный прочностной расчет	2
3		Работа с параметрами	2
4		Создание и настройки сетки	2
5		Свободные колебания	2
6		Стационарный тепловой расчет	4
7	Раздел 2	Основы CFD – моделирования: типовой рабочий процесс	2
8		Обзор типового рабочего процесса и построение поверхностной сетки для водонепроницаемой геометрии	2

№ п/п	Разделы	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах	
1	Раздел 1	Генератор объектов	2	
2		Линейный прочностной расчет	2	
3		Работа с параметрами	2	
4		Создание и настройки сетки	2	
5		Свободные колебания	2	
6		Стационарный тепловой расчет	4	
9		Описание геометрии и построение объемной сетки	2	
10		Пользовательский интерфейс в режиме решения и настройки расчетной области	2	
11		Настройка физических моделей	4	
12		Обработка результатов расчета	4	
13		Процесс решения	2	
Итого:			32	

4.2.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы не предусмотрены

4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы не предусмотрены

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

Лекции, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся.

Цели лекционных занятий:

- дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;
- стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Практические занятия. Цели практических занятий:

- совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Лабораторные работы. Цели лабораторных занятий:

- углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Консультации (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

Курсовая работа позволяет обучающимся развить навыки научного поиска.

Курсовое проектирование формирует навыки самостоятельного профессионального творчества.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля

успеваемости

Раздел 1. Статический и динамический конструкционный анализ

1. Что называется проектом в Workbench?
2. Для чего предназначены окна Project Schematic и Toolbox?
3. Какие виды инженерного анализа реализуются блоками Static Structural, Transient Structural, Steady-State Thermal и Modal?
4. Какие основные элементы имеет каждый блок инженерного анализа?
5. Для чего предназначена кнопка Import на панели инструментов?
6. Для чего предназначены кнопки Refresh Project и Update Project на панели инструментов

Раздел 2. Гидродинамический анализ

1. Для чего предназначены окна Tree Outline и Details View?
2. Чем отличается режим эскиза от режима моделирования?
3. Как управлять текущим видом в окне Graphics с помощью мыши?
4. Приведите примеры трехмерных примитивов?
5. Какие инструменты используются для создания трехмерных моделей на базе эскизов?
6. Что называется топологией в трехмерном моделировании?
7. Приведите примеры операций с трехмерными телами?
8. Как задаются размеры фигур для эскиза?

6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)

6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену (по дисциплине):

1. Какой тип модулей относится к Structural Dynamic?
2. Назовите основные назначения модуля Structural Static?
3. Какие функции модуль Thermal?
4. Приведите порядок шагов при проведении МКЭ-анализа?
5. При каких условиях не может быть использован инструмент Convergence?
6. К чему может привести сингулярность напряжений?
7. В каких случаях следует применять инструмент Convergence?
8. Что используется для управления параметрическими данными из расчетных и геометрических источников?
9. Напряжение в конкретной области определяется как?
10. Масса в конкретной области определяется как?
11. Что из перечисленного нельзя конфигурировать при помощи настройки размеры (Sizing)?
12. Для чего применяется опция создания упорядоченной сетки (Mapped Face Meshing)?
13. Какой из этих методов не относится к методам поверхностного разбиения (Surface Bode Methods)?
14. Для некоторых типов геометрии создание упорядоченной сетки КЭ невозможно; с помощью чего можно достичь её упорядочивания?
15. Для чего используется виртуальная топология?
16. Какое утверждение является ложным?
17. Линеаризация используется для?

6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	При линейном статическом прочностном расчете вектор перемещений узлов определяется из матричного уравнения: $[K]\{x\}=\{F\}$. Выберите верное утверждение.	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\{x\}$ – вектор приложенных нагрузок 2. Использование теории малых перемещений и применение линейного упругого поведения материала являются допущением в отношении линейного статического расчета 3. Зависимость приложенных сил от времени – допущение для вектора приложенных нагрузок 4. Допущения матричного уравнения расчета для нелинейного статического расчета аналогичны.
2.	К цилиндрической поверхности приложена нагрузка. Радиальная составляющая неравномерна по поверхности и максимальна со стороны сжатия, осевая – равномерна. Какую команду необходимо использовать для моделирования в пакете Mechanical?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Удаленная сила (Remote Force): 2. Нагрузка от подшипника (Bearing load) 3. Нагрузки в сопряжениях (Joint Load) 4. Сила (Force)
3.	Команду какой нагрузки возможно приложить к любому элементу геометрии (к точке, ребру либо поверхности)?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Тепловые нагрузки (Thermal Condition): 2. Удаленная сила (Remote Force): 3. Гидростатическое давление: 4. Момент (Moment)
4	Какой тип модулей не относится к Structural Dynamic:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Модальный анализ 2. Гармонический анализ 3. Спектральный отклик 4. Стационарный тепловой расчет
5	Модуль Structural Static отвечает за:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Линейную и нелинейную статику 2. Модальный анализ 3. Гармонический анализ 4. Расчет магнитных полей
6	Модуль Thermal отвечает за:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Стационарный и нестационарный тепловой расчет 2. Расчет электрических полей 3. Расчет магнитных полей 4. Случайные вибрации
7	Порядок шагов при проведении МКЭ-анализа:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Предварительная проработка, препроцессор, решение, постпроцессор 2. Постпроцессор, предварительная проработка, решение, предпроцессор 3. Предварительная обработка, решение, препроцессор, постпроцессор 4. препроцессор, предварительная обработка, решение, постпроцессор
8	Инструмент Convergence не может быть использован если:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Модель содержит объект mesh connection 2. В модели есть ссылки на другие ячейки анализа 3. Нагрузки в модели получены посредством импорта 4. Все вышеперечисленное

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
9	К чему может привести сингулярность напряжений?	1. К некорректным оценкам погрешностей и сходимости 2. Значение напряжение будет в 0 3. К оптимизации процесса вычислений 4. К невозможности гладко продолжить контуры напряжений
10	Инструмент Convergence следует применять	1. К интересующей области 2. К полной модели 3. Не имеет значения 4. Такого инструмента не существует
11	Что используется для управления параметрическими данными из расчетных и геометрических источников?	1. Parameter Set 2. Details view 3. Setup 4. Model
12	Напряжение в конкретной области определяется как?	1. Выходной параметр 2. Входной параметр 3. 1 и 2 4. Ни одно из перечисленных
13	Масса в конкретной области определяется как?	1. Выходной параметр 2. Входной параметр 3. 1 и 2 4. Ни одно из перечисленных
14	Что из перечисленного нельзя конфигурировать при помощи настройки Размеры (Sizing)?	1. Advanced Size Functions 2. Element Size 3. Number of divisions 4. Sphere of Influence
15	Для чего применяется опция создания упорядоченной сетки (Mapped Face Meshing)?	1. Для сложных призматических моделей или параллелепипедов с образованием четырёх- и треугольных элементов 2. Для поверхностных прямоугольных или треугольных тел с образованием простых элементов 3. Для сплошных поверхностных тел с образованием четырёхугольных и треугольных элементов 4. Для поверхностных тел с регулярной сеткой из четырёхугольных и треугольных элементов
16	Какой из этих методов не относится к методам поверхностного разбиения (Surface Bode Methods)?	1. MultiZone Quad/Tri 2. Quadrilateral Dominant 3. Triangles 4. Finite Element Method
17	Для некоторых типов геометрии создание упорядоченной сетки КЭ невозможно; с помощью чего можно достичь её упорядочивания?	1. С использованием метода Patch Conforming 2. С помощью задания боковых, угловых и конечных вершин вручную 3. С помощью указания дополнительных поверхностей вручную 4. С помощью метода Advanced mesh

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
18	Для чего используется виртуальная топология?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изменение контактных граничных условий между элементами модели 2. Построение регулярной вычислительной сетки для модели 3. Группировки сопряженных поверхностей 4. Удаление примыкающих к граням элементов, для упрощения вычислительной сетки
19	Какое утверждение является ложным?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Тела можно разбивать в свободном порядке с некоторыми ограничениями 2. При разбиении тела учитывается сетка соседних тел 3. От порядка разбиения геометрии зависит его результат 4. При разбиении тела необходимо придерживаться определенного алгоритма
20	Линеаризация используется для:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценок прочности в различных прочностных кодах. 2. Вычисления прочностных нагрузок. 3. Определения областей модели, где потенциальная энергия на элементах сильно отличается. 4. Внедрения новых алгоритмов при расчете на напряжение

Вариант №2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Эпюра погрешностей используется для:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценок прочности в различных прочностных кодах 2. Вычисления прочностных нагрузок 3. Определения областей модели, где потенциальная энергия на элементах сильно отличается. 4. Внедрения новых алгоритмов при расчете на напряжение
2.	Управляющая траектория – это:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Путь инструмента, который создаётся в САМ-системе, обычно на основе геометрии детали 2. Программа обработки, которая передается на устройство 3. Программный модуль, предназначенный для преобразования управляющей траектории, сформированный САМ-системой, в управляющую программу 4. Нет верного ответа
3.	Управляющая программа – это:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Путь инструмента, который создаётся в САМ-системе, обычно на основе геометрии детали.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		2. Программа обработки, которая передается на устройство 3. Программный модуль, предназначенный для преобразования управляющей траектории, сформированной САМ-системой, в управляющую программу 4. Нет верного ответа
4	Получение оптимальной сетки требуется:	1. Наличие критериев для определения, является ли сетка адекватной 2. Сгущать сетку только там, где это необходимо 3. Верны ответы 1 и 2 4. Нет верного ответа
5	Инструмент Convergence не может быть использован если:	1. Модель содержит объект mesh connection 2. В модели есть ссылки на другие ячейки анализа 3. Нагрузки в модели получены посредством импорта 4. Все ответы верны
6	Сингулярность напряжений – это:	1. Физически нереалистичные высокие напряжения, получаемые в связи с используемой в МКЭ дискретизацией расчетной модели 2. Естественные области малых напряжений 3. Искусственные области малых напряжений, получаемые в связи с используемой в МКЭ дискретизацией расчетной модели 4. Критические значения напряжений, получаемые в связи с используемой в МКЭ дискретизацией расчетной модели
7	Таблица расчетных точек (Table of Design Points) используется для:	1. Для проведения параметрического расчета 2. Ввода нескольких значений параметра и расчета критических напряжений 3. Получения необходимых результатов расчета 4. Получения значений прочностного анализа
8	Какой параметр используется для отображения всех параметров в каждой расчетной точке	1. Parameter Chart 2. Parallel Chart 3. Table of Design Points 4. Design Points
9	Укажите методы отображения результатов:	1. Exterior 2. IsoSurfaces 3. Slice Planes 4. Все ответы верны
10	Exterior – это:	1. Метод отображения, который позволяет пользователю визуально разрезать модель 2. Метод отображения областей модели с одинаковым значением отображаемой величины 3. Метод отображения, который удалит области модели, где значение выше (или ниже) заданного значения

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		4. Метод отображения внешних поверхностей детали
11	Slice Planes – это:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Метод отображения по умолчанию и чаще всего используется на практике 2. Метод отображения областей модели с одинаковым значением отображаемой величины 3. Метод отображения, который удалит области модели, где значение выше (или ниже) заданного значения 4. Метод отображения, который позволяет выполнить послойное отображение модели
12	Что описывает уравнение $[M]\{\ddot{x}\} + [C]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} = \{F\}$.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основное дифференциальное уравнение движения 2. Основное дифференциальное уравнение движения при модальном анализе возмущений без демпфирования 3. Уравнение для определения собственных частот колебаний 4. Уравнение для учета преднапряженного состояния
13	Что описывает уравнение $[M]\{\ddot{x}\} + [K]\{x\} = \{F\}$.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основное дифференциальное уравнение движения 2. Основное дифференциальное уравнение движения при модальном анализе возмущений без демпфирования 3. Уравнение для определения собственных частот колебаний 4. Уравнение для учета преднапряженного состояния
14	Что описывает уравнение $([K] - \omega_i^2[M])\{\phi_i\} = 0$.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основное дифференциальное уравнение движения 2. Основное дифференциальное уравнение движения при модальном анализе возмущений без демпфирования 3. Уравнение для определения собственных частот колебаний 4. Уравнение для учета преднапряженного состояния
15	Результаты модального расчета базируются на...	<ol style="list-style-type: none"> 1. Свойствах модели 2. На конкретном возмущении 3. На свойствах модели в условиях конкретного возмущения 4. Все перечисленное
16	При предварительном растяжении собственные частоты конструкции а)..., при предварительном сжатии – б)...	<ol style="list-style-type: none"> 1. а) увеличиваются б) уменьшаются 2. а) увеличиваются б) увеличиваются 3. а) уменьшаются б) уменьшаются 4. а) уменьшаются б) увеличиваются
17	В стационарном тепловом расчете из матричного уравнения $[K(T)]\{T\} = \{Q(T)\}$ определяется:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Температуру заданной точки $\{T\}$ 2. Среднюю температуру поверхности $\{T\}$ 3. Температурный градиент $\{T\}$

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		4. Вектор узловых температур $\{T\}$
18	Количественно тепловой поток через контактные поверхности определяется	1. $TCC \cdot (T_{target} + T_{contact})$. 2. $\{T\} \cdot (T_{target} - T_{contact})$. 3. $TCC \cdot (T_{target} - T_{contact})$. 4. $TCC \cdot (T_{contact} - T_{target})$.
19	Для проведения теплового расчета в условиях конвекции необходимо задать:	1. Температуру на вершинах, кромках, поверхностях или телах 2. Температуру окружающей среды. 3. Температуру заданной поверхности 4. Среднюю температуру поверхности
20	Результаты теплового расчета:	1. Температуры 2. Удельные тепловые потоки 3. Реактивные тепловые потоки 4. Все вышеперечисленное

Вариант №3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Slice Planes – это:	1. Метод отображения по умолчанию и чаще всего используется на практике 2. Метод отображения областей модели с одинаковым значением отображаемой величины 3. Метод отображения, который удалит области модели, где значение выше (или ниже) заданного значения 4. Метод отображения, который позволяет выполнить послойное отображение модели
2.	Что описывает уравнение $[M]\{\ddot{x}\} + [C]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} = \{F\}$.	1. Основное дифференциальное уравнение движения 2. Основное дифференциальное уравнение движения при модальном анализе возмущений без демпфирования 3. Уравнение для определения собственных частот колебаний 4. Уравнение для учета преднапряженного состояния
3.	Что описывает уравнение $[M]\{\ddot{x}\} + [K]\{x\} = \{F\}$.	1. Основное дифференциальное уравнение движения 2. Основное дифференциальное уравнение движения при модальном анализе возмущений без демпфирования 3. Уравнение для определения собственных частот колебаний 4. Уравнение для учета преднапряженного состояния
4	Что описывает уравнение $([K] - \omega_i^2[M])\{\phi_i\} = 0$.	1. Основное дифференциальное уравнение движения 2. Основное дифференциальное уравнение

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		<p>движения при модальном анализе возмущений без демпфирования</p> <p>3. Уравнение для определения собственных частот колебаний</p> <p>4. Уравнение для учета преднапряженного состояния</p>
5	Результаты модального расчета базируются на...	<p>1. Свойствах модели</p> <p>2. На конкретном воздействии</p> <p>3. На свойствах модели в условиях конкретного воздействия</p> <p>1. 4. Все перечисленное</p>
6	Из каких частей состоит контактная пара?	<p>1. Одна часть контактной пары является граничной поверхностью, другая – узловой.</p> <p>2. Одна часть контактной пары является контактной поверхностью, другая – ответная.</p> <p>3. Одна часть контактной пары является контактной поверхностью, другая – граничной.</p> <p>1. Одна часть контактной пары является граничной поверхностью, другая – ответной.</p>
7	Как можно представить контактные элементы?	<p>1. Поверхность, образованная с учетом конечно-элементный каркаса в области одного тела.</p> <p>2. Поверхность, образованная с учетом конечно-элементный каркаса в области взаимодействия двух тел.</p> <p>3. Поверхность, образованная с учетом конечно-элементный каркаса в области взаимодействия трех тел.</p> <p>4. Поверхность, образованная из сеточной структуры для одного тела</p>
8	Сколько типов контактов существует?	<p>1. Два</p> <p>2. Три</p> <p>3. Четыре</p> <p>4. Пять</p>
9	Какой контакт называется асимметричным?	<p>1. Когда одна поверхность – контактная, а другая – ответная.</p> <p>2. Если на обе поверхности наложены контактные и ответные элементы.</p> <p>3. Если на обе поверхности наложены контактные элементы.</p> <p>4. Если на обе поверхности наложены ответные элементы.</p>
10	Какой контакт называется симметричным?	<p>1. Если на обе поверхности наложены ответные элементы.</p> <p>2. Если на обе поверхности наложены контактные и ответные элементы.</p> <p>3. Когда одна поверхность – контактная, а другая – ответная.</p> <p>4. Если на обе поверхности наложены контактные элементы.</p>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
11	Результаты контактной задачи определяются:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Только для свободной поверхности. 2. Только для поверхности target. 3. Для поверхностей contact и target. 4. Нет правильного ответа.
12	Точечная сварка -	<ol style="list-style-type: none"> 1. Позволяет соединить поверхностные объекты друг с другом в заданных точках. 2. Позволяет соединить контактные объекты друг с другом по заданной линии. 3. Позволяет соединить поверхностные объекты друг с другом в плоскости контакта 4. Позволяет соединить поверхностные объекты друг с другом только в одной точке.
13	Рабочий лист связей -	<ol style="list-style-type: none"> 1. Позволяет просматривать и оценивать свойства и параметры одинаковых связей в моделях одной величины. 2. Позволяет просматривать и оценивать свойства и параметры одинаковых связей в моделях разной величины. 3. Позволяет просматривать и оценивать свойства и параметры связей при построении сетки 4. Нет правильного ответа.
14	Сколько типов шарниров существует в Mechanical?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Три 2. Пять 3. Шесть 4. Девять
15	Какие пружины можно применять в твердотельных системах?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Растяжения 2. Сжатия 3. Обычные пружины 4. 1-3.
16	По умолчанию пружины находятся в	<ol style="list-style-type: none"> 1. В недеформированном (разгруженном) состоянии. 2. В деформированном (загруженном) состоянии. 3. В критическом состоянии. 4. Нет правильного ответа.
17	Балка (Beam) позволяет	<ol style="list-style-type: none"> 1. Соединить тело с «землей». 2. Соединить тело с телом. 3. Соединить тело с контактной поверхностью 4. Нет правильного ответа.
18	Уравнение связей позволяют	<ol style="list-style-type: none"> 1. Соотнести движение различных областей модели с помощью узлов в сетки. 2. Соотнести движение различных областей модели с помощью заданного соотношения. 3. Соотнести движение различных областей модели с помощью степеней свободы. 4. Нет правильного ответа.
19	Design Exploration в Workbench	<ol style="list-style-type: none"> 1. Набор готовых шаблонов расчетных систем для различных дисциплин.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		2. Индивидуальные компоненты систем для каждого этапа расчета 3. Встроенный набор инструментов параметрической оптимизации 4. Нет правильного ответа
20	Постпроцессор – это:	1. Инструмент, который создаётся в модели, для оценки результатов. 2. Программа обработки, которая визуализирует полученные результаты. 3. Программный модуль для выполнения прочностных расчётов 4. Нет верного ответа

6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамена)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объёме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Неудовлетворительно
50-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Основы автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении: Учебное пособие / Акулович Л.М., Шелег В.К. - М.:ИНФРА-М Издательский Дом, Нов. знание, 2016 <http://znanium.com/bookread2.php?book=546602>
2. САПР технолога машиностроителя: Учебник/Э.М. Берлинер, О.В. Таратынов - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2015 <http://znanium.com/bookread2.php?book=884475>
3. Технология машиностроения: технологические системы на ЭВМ: Учебник/В.В. Клепиков, О.В. Таратынов - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015 <http://znanium.com/bookread2.php?book=475199>
4. Автоматизация производственных процессов в машиностроении : учеб. пособие / Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. — Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2017 <http://znanium.com/bookread2.php?book=884475>
5. Основы автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении: Учеб. пос. / Л.М.Акулович, В.К.Шелег - М.: ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2012. - 488 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высшее образование). (п) ISBN 978-5-16-005289-2

7.1.2. Дополнительная литература

1. Третьяков, В.И. Лабораторный практикум по курсу «Методология выбора материалов и технологий в машиностроении»: учеб. пособие / В.И. Третьяков, А.Ю. Ампилогов. — Электрон. дан. — Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011 <https://e.lanbook.com/book/52235>
2. Мычко, В.С. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс] : учеб. пос. / В.С. Мычко. - Минск: Выш. шк., 2011 <http://znanium.com/bookread2.php?book=507842>
3. Малюх В. Н. Введение в современные САПР: Курс лекций. — М.: ДМК Пресс, 2010. — 192 с. — ISBN 978-5-94074-551-8

7.1.3. Учебно-методическое обеспечение

1. Компьютерные технологии в научных исследованиях энергоэффективности потребительских энергосистем АПК: Методология исследования инновационных электротехнологических процессов в программном комплексе ANSYS : учебное пособие / М.М. Беззубцева, В.С. Волков, А.В. Котов, К.Н. Обухов ; Министерство сельского хозяйства РФ, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. - Санкт-Петербург : СПбГАУ, 2014. - 196 с. URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=445933>
2. Левицкий, А.А. Проектирование микросистем. Программные средства обеспечения САПР : учебное пособие / А.А. Левицкий, П.С. Маринушкин. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2010. - 156 с. - ISBN 978-5-7638-2111-6 ; URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229317>
3. Присекин, В.Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел : учебник / В.Л. Присекин, Г.И. Расторгуев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Новосибирский государственный технический университет. - Новосибирск : НГТУ, 2009. - 240 с. : табл., ил. - (Учебники НГТУ). - Библиогр.: с. 232. - <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436040>
4. Петров П.А, Численные методы в инженерном анализе: учебное пособие // Белоглазов И.И. Кускова Я.В. Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский горный университет. – СПб: Инфо-да, 2020. - 128 с. – ISBN 978-5-94652-658-6

7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. CAELinux <http://www.caelinux.com/CMS/>

2. Adams for Multibody Dynamics <http://www.mscsoftware.com/Contents/Products/CAE-Tools/Adams.aspx>
3. Универсальный механизм: динамика машин и механизмов, динамика автомобилей и железнодорожных экипажей, прикладная механика, кинематика, обратная кинематика <http://www.umlabor.ru/>
4. EULER — автоматизированный динамический анализ многокомпонентных механических систем <http://www.euler.ru/>
5. frund — Комплекс моделирования динамики систем твердых и упругих тел <http://frund.vstu.ru>
6. MBDyn — MultiBody Dynamics <http://www.aero.polimi.it/~mbdyn/>
7. ITI — Supporting your visions!: SimulationX <http://www.simulationx.com/>
8. http://www.espotec.ru/art_prot.htm
9. <http://www.cadmater.ru/>
10. <http://www.sapr.ru>
11. <http://www.cadcamcae.lv>
12. <http://www.cadcatalog.ru/>
13. <http://www.rodnik.ru/product/sapr/edaexpress/>
14. <http://isicad.ru>
15. <http://www.solidworld.ru/>) — SolidWorld
16. <http://fsapr2000.ru/> — Конференция САПР2000 (бывший САПР2К), посвященная использованию CAD/CAE/CAM-технологий
17. <http://www.procae.ru/proCAE> — статьи по программам ANSYS, STAR-CD, QForm, NASTRAN, Fluent и др.
18. <http://www.ansys.spb.ru/> — Новости CAE-системы ANSYS на русском языке
19. http://www.FEA.ru/ANSYS_LSDYNA_AviGallery.html — AVI-Галерея (более 150 анимационных фильмов), иллюстрирующая результаты исследований, выполненных сотрудниками CompMechLab® СПбГПУ с помощью CAE-систем ANSYS, LS-DYNA, SIMULIA/Abaqus
20. <http://www.ansys.spb.ru/ansys-wall-planner/> — Результаты ежегодных Всемирных конкурсов CAE- системы ANSYS Multiphysics Image Gallery Competition

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа, практических занятий, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы

Аудитории для проведения лекционных занятий.

Лекционный курс читается с мультимедийным сопровождением - демонстрацией презентационного материала с помощью мультимедийного проектора. В ходе лекций так же проходятся мастер классы моделирования и демонстрация некоторых особенностей программного обеспечения. Лекционная ауд. 3308. 30 посадочных мест Мультимедийный проектор – 1 шт., стол – 16 шт., стул – 31 шт., доска учебная с регулировкой высоты -1 шт.

Аудитории для проведения практических занятий.

Аудитории для лабораторных занятий является специализированный компьютерный класс, оснащенный современной компьютерной техникой на базе процессоров i5 и выше. В процессе обучения используется компьютерный класс Schneider Electric 3307. 16 посадочных мест Мультимедийный проектор – 1 шт., стол – 9 шт., стул – 17, стенд учебно-демонстрационный по процесс-технике на базе компакт-станции комплектация 1 – 1 шт., стенд учебно-демонстрационный по процесс-технике на базе компакт-станции комплектация 2 – 1 шт., система управления взрывобезопасностью автоматизированным конвейерным транспортом и погрузочно-разгрузочными машинами – 1 шт., компьютер LenovoDesktopTCM900 – 13 шт. (возможность доступа к сети «Интер-

нет)), монитор LenovoThinkVision 21.5" E2223s 1920x1080 LED- 13 шт., рабочее место автоматизированное – 1 шт.

8.2. Помещения для самостоятельной работы :

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional:ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники» ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования» ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования" Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования», Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции», Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011, Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012 Kaspersky antivirus 6.0.4.142

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Операционная система Microsoft Windows XP Professional ГК №797-09/09 от 14.09.09 «На поставку компьютерного оборудования». Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011. Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011. Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010. CorelDRAW Graphics Suite X5 Договор №559-06/10 от 15.06.2010 «На поставку программного обеспечения» Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1 Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО)

8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесах – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012) Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение

Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012) Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012) Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010) Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стулья – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011) Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010) Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17).

8.4. Лицензионное программное обеспечение:

1. Microsoft Windows 7 Professional (договор бессрочный ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 "На поставку продукции")

2. Microsoft Office 2010 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, договор бессрочный Microsoft Open License 47665577 от 10.11.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011)

3. Ansys Student (свободно распространяемое программное обеспечение)