



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП

А.В. Гридасов

«УТВЕРЖДАЮ»
Директор департамента
промышленной безопасности

А.В. Гридасов

« 20 » января 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Теория сварочных напряжений и деформаций
Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
(Аддитивные и цифровые технологии)
Форма подготовки - очная

курс 3 семестр 6
лекции 18 час.
практические занятия 18 час.
лабораторные работы не предусмотрены
всего часов аудиторной нагрузки 36 час.
самостоятельная работа 72 час.
в том числе на подготовку к экзамену 0 час.
контрольные работы (количество) 1
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены
зачет не предусмотрен
экзамен 6 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от № 727 от 09.08.2021.

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента промышленной безопасности протокол № 5 от «20» января 2022 г.

Директор Департамента промышленной безопасности к.т.н. профессор А.В. Гридасов

Составители: доцент, к.т.н. К.А. Молоков.

Владивосток
2022

Оборотная сторона титульного листа РПД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента промышленной безопасности:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Директор департамента промышленной безопасности

_____ А.В. Гридасов

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента промышленной безопасности:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Директор департамента промышленной безопасности

_____ А.В. Гридасов

III. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента промышленной безопасности:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Директор департамента промышленной безопасности

_____ А.В. Гридасов

IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента промышленной безопасности:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Директор департамента промышленной безопасности

_____ А.В. Гридасов

АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная дисциплина «Теория сварочных напряжений и деформаций» предназначена для направления подготовки 15.03.01 Машиностроение, профиль «Аддитивные и цифровые технологии» и относится к вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана, является дисциплиной по выбору (индекс Б1.В.ДВ.03.01).

Общая трудоёмкость освоения дисциплины составляет 4 зачётные единицы, 144 час. и включает в себя: лекционные занятия 18 часов, практические занятия 18 часа, контрольная работа, самостоятельная работа студентов 72 часов, контроль 36 часов. Дисциплина реализуется на 3 курсе в 6 семестре. Форма промежуточной аттестации – экзамен в 6 семестре.

Дисциплина «Теория сварочных напряжений и деформаций» логически и содержательно связана с такими курсами, как «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Физика», «Основы информационных технологий в машиностроении», «Теория сварочных процессов», «Производство сварных конструкций», «Проектирование сварных конструкций» и др.

Технологический нагрев материалов – один из основных или сопутствующих процессов обработки, особенно в области сварки. Совокупность явлений в металлах, вызванных изменением температуры, определяют технологические и эксплуатационные свойства изделия. Неравномерный нагрев металлов приводит к возникновению временных и остаточных напряжений и деформаций, наличие которых существенно влияет как на технологическую прочность соединений, так и на их эксплуатационную работоспособность. Навыки расчётного определения остаточных сварочных деформаций и напряжений, умение оценить их влияние на работоспособность конструкций и владение методами уменьшения их негативного влияния являются базовыми для специалиста сварочного производства.

1. Цели и задачи освоения дисциплины:

Цель дисциплины – приобретение студентами знаний в области термомеханики сварных конструкций и навыков расчёта сварочных напряжений и деформаций.

Задачи:

- Сформировать представление о физических основах термомодеформирования;
- Изучить схему Николаева определения динамики сварочных деформаций;
- Изучить основы метода Кузьмина при определении сварочных деформаций;
- Освоить методы расчета сварочных деформаций и напряжений при сварке плоских конструкций;
- Выяснить особенности расчета сварочных деформаций и напряжений в конструкциях вращения;
- Изучить методы уменьшения остаточных сварочных напряжений и деформаций;
- Рассчитывать сварочные деформации металлических конструкций, в том числе, с использованием современных программных средств;
- Применять навыки анализа сварочных напряжений и деформаций при оценке технологической и эксплуатационной прочности сварных конструкций.

Для успешного изучения дисциплины «Теория сварочных напряжений и деформаций» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

ОПК-1 - умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

ОПК-3 - владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации.

ОПК-5 - способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.

ПК-11 - способностью обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий.

ПК-12 - способность разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств.

ПК-13 - способность обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование.

ПК-14 - способностью участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции.

ПК-17 - умение выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции (элементы компетенций):

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Производственно-технологический	ПК-5 Способность выбирать виды и методы контроля и испытаний, оценки прочности и диагностики сварных конструкций и объектов аддитивных технологий; проведения исследований и разработки мероприятий по обеспечению качества продукции с разработкой мероприятий исправления дефектов, снижения внутренних напряжений	ПК-5.2 Проводит исследования и разрабатывает мероприятия по предупреждению брака и обеспечению качества продукции с разработкой мер исправления дефектов и снижения внутренних напряжений

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-5.2 Проводит исследования и разрабатывает мероприятия по предупреждению брака и обеспечению качества продукции с разработкой мер исправления дефектов и снижения внутренних напряжений	Знает методы научных исследований и испытаний сварных конструкций предназначенных для проведения мероприятий по предупреждению брака и повышению качества
	Умеет проводить испытания сварных конструкций с целью исправления дефектов и снижения сварочных напряжений.
	Владеет методиками исправления дефектов и снижения сварочных напряжений

2. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачётных единиц (144 академических часов). (1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине могут являться:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Пр	Практические занятия
К	Контрольная работа
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Форма промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР	Конт роль	
1	Тема 1. Напряженное состояние	6	2		2		9	5	
2	Тема 2. Метод Николаева	6	2		2		9	5	
3	Тема 3 Поперечные деформации	6	2		2		9	5	
4	Тема 4 Взаимодействие ОСН и нагрузки	6	2		2		9	5	
5	Тема 5 Цилиндрические конструкции	6	2		2		9	5	
6	Тема 6 Численные методы расчета термомеханической задачи	6	2		2		9	5	
7	Тема 7 Циклическая нагрузка в цилиндрических конструкциях	6	2		2		9	2	
8	Тема 8 Методы правки конструкций	6	2		2		9	2	
9	Тема 9 Заключительная лекция	6	2		2		0	2	
10	Итого:	6	18	-	18	-	72	36	Экзамен

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 часа.

Раздел 1. Физические основы термомеханического деформирования (6 час, в том числе по МАО 2 час. - Лекция-визуализация)

Тема 1. Напряженное состояние (2 час).

Понятие тензора напряжений. Тензор деформаций. Шаровой тензор. Девиатор напряжений. Инварианты девиатора напряжений. Интенсивность напряжений. Интенсивность деформаций. Закон Гука. Предельные состояния материалов. Явление текучести. Диаграмма растяжения стали. Диаграмма Прандтля. Температурное расширение металлов. Коэффициент температурного расширения. Температурная зависимость механических

свойств. Деформация и напряжения равномерно нагретого стержня. Стержень, заземленный одним концом. Стержень, упирающийся вторым концом. Полностью заземленный стержень. Диаграмма деформирования заземленного стержня. Плоское напряженное состояние. Плоская деформация. Линейное напряженное состояние. Плоское напряженное состояние при температурной деформации. Уравнения связи напряжений и деформаций. Температурные деформации при сварке пластин. Основные гипотезы и допущения. Гипотеза плоских сечений. Уравнения равновесия. Временные и остаточные сварочные напряжения и деформации. Продольные сварочные напряжения. Поперечные сварочные напряжения. Продольное укорочение листа. Поперечное укорочение листа. Деформации по краям листа. Деформации цилиндрических конструкций. Тангенциальные деформации. Осевые деформации. Деформации сферических конструкций.

Тема 2. Метод Николаева (2 час).

Основные гипотезы и допущения метода. Деформации при нагреве края пластины. Расчет деформаций на стадии нагрева. Кривая температурной деформации. График полной деформации. Упругая деформация. Учет температурной зависимости предела текучести при построении кривой упругой деформации. Распределение пластической деформации. Расчет деформаций на стадии охлаждения. Пластическая деформация стадии нагрева как нагрузка стадии охлаждения. График полной деформации при охлаждении. Упругая деформация при охлаждении. Обратная пластическая деформация удлинения. Остаточные деформации. Остаточные напряжения. Эпюра остаточных продольных напряжений поперек шва. Метод Окерблома. Кривая температурной деформации. График полной деформации. Упругая деформация. Учет температурной зависимости предела текучести при построении кривой упругой деформации. Распределение пластической деформации. Расчет деформаций на стадии охлаждения. Пластическая деформация стадии нагрева как нагрузка стадии охлаждения. График полной деформации при охлаждении. Упругая деформация при охлаждении. Обратная пластическая деформация удлинения. Остаточные деформации. Остаточные напряжения. Эпюра остаточных продольных напряжений поперек шва. Метод Кузьминова. Уравнения равновесия в двух координатах. Термомеханическая и деформационная задачи. Максимальные температуры полубесконечного тела. Распределение деформаций при наплавке валика на полубесконечное тело. Погонный объем укорочения. Продольные деформации полубесконечного тела. Максимальные температуры при наплавке валика в пластине. Распределение деформаций при наплавке валика

в пластине. Продольные деформации пластин. Эпюры остаточных напряжений.

Тема 3. Поперечные деформации (2 час).

Механизм образования поперечных деформаций. Три зоны при возникновении поперечных деформаций во время нагрева. Поперечное укорочение при охлаждении. Погонный объем поперечного укорочения сварного шва. Поперечные деформации при неравномерном нагреве по толщине листа. Угловые деформации пластин, вызванные неравномерным нагревом по толщине. Поперечные деформации угловых сварных соединений. Три вида поперечных деформаций при сварке углового шва. Отличие первого и второго шва при двусторонней сварке таврового соединения. Деформации тавровых соединений. Приведенная ширина таврового соединения. Продольное укорочение полотнищ, Поперечное укорочение полотнищ Углы поворота сечений полотнищ. Расчет общих деформаций полотнищ с набором. Эпюра остаточных сварочных напряжений. Распределение продольных сварочных напряжений поперек шва. Распределение продольных сварочных напряжений вдоль шва. Распределение поперечных сварочных напряжений поперек шва. Распределение поперечных сварочных напряжений вдоль шва. Результаты численного определения сварочных напряжений. Концевой эффект сварочных напряжений Возникновений сварочных деформаций от потери устойчивости полотнища. Закономерности распределения остаточных напряжений в пластинах. Остаточные напряжения в коротких швах. Причины образования дефектов при сварке коротких швов.

Раздел 2. Экспериментальные и расчетные методы оценки ОСН (6 час, в том числе по МАО 2 час. - Лекция-визуализация)

Тема 1. Взаимодействие остаточных сварочных напряжений и нагрузки (2 час).

Статическая нагрузка. Эпюра остаточных сварочных напряжений при приложении продольной растягивающей нагрузки. Эпюра остаточных сварочных напряжений при снятии продольной растягивающей нагрузки. Зависимость величины остаточных сварочных напряжений от амплитуды внешней растягивающей нагрузки. Поперечная статическая нагрузка. Эпюры остаточных сварочных напряжений при приложении и снятии поперечной нагрузки. Динамическая усталостная нагрузка на сварное соединение.

Основные параметры усталостного разрушения. Диаграмма Веллера. Диаграмма Смита при наличии сварочных напряжений. Определения асимметрии цикла нагружения. Определение эквивалентных напряжений. Примеры численного анализа усталости сварных конструкций. Датчики малых перемещений. Стрелочные индикаторы, механотроны, тензодатчики. Определение временных и остаточных сварочных деформаций непосредственным измерением. Определение остаточных сварочных напряжений. Разрушающие методы. Метод тензометрирования при определении сварочных напряжений. Розетка датчиков при определении сварочных напряжений. Достоинства и недостатки метода. Другие разрушающие методы. Неразрушающие методы. Электромагнитные методы. Достоинства и недостатки. Исследование остаточных напряжений на моделях. Оптические методы определения остаточных напряжений.

Тема 2. Цилиндрические конструкции (2 час).

Основные допущения и расчетные схемы определения сварочных деформаций в конструкциях вращения. Цилиндрические конструкции. Длинные цилиндры (трубы). Напряжения при выполнении продольных швов трубопроводов. Деформации изгиба при выполнении продольных швов. Поперечные деформации при сварке трубопровода. Деформации и напряжений при выполнении кольцевых швов. Изменение диаметра. Расчет геометрических характеристик сварочных деформаций при сварке трубопроводов. Короткие цилиндры. Деформации и напряжения от продольных швов. Деформации и напряжения при выполнении кольцевых швов обечаек. Расчет деформаций и напряжений при выполнении кольцевых швов обечаек.

Тема 3. Численные методы расчета термомеханической задачи (2 час).

Метод конечных элементов при расчете сварочных деформаций и напряжений. Основы метода конечных элементов. Входная информация МКЭ. Формирование геометрии. Задание сил. Задание граничных условий. Матрица жесткости. Система уравнений МКЭ. Решение системы уравнений. Результат решения. Вычисление деформаций и напряжений. Программа ANSYS. Интерактивный и программный режимы. Формирование геометрии. Задание сил. Задание граничных условий. Задание сварочного термического цикла в программе ANSYS. Результат решения. Построение полей деформаций и напряжений. Примеры решения инженерных задач сварочного производства в пакете ANSYS. Программа КОМПАСС. Формирование

геометрии. Задание сил. Задание граничных условий. Результат решения. Программы SYSWELD, WELD PLANNER, VISUAL WELD

Раздел 3. Определение остаточных деформаций и прочности конструкций (6 час)

Тема 1. Циклическая нагрузка в цилиндрических конструкциях (3 час).

Взаимодействие остаточных сварочных напряжений и циклической нагрузки в цилиндрических конструкциях. Технологические приемы выполнения кольцевых швов обечаек. Сварка снизу вверх. Сварка сверху вниз. Выполнение швов трубопроводов большого диаметра. Численный расчет сварочных напряжений и деформаций при выполнении швов труб малого диаметра. Распределение асимметрии цикла. Распределение предельной поврежденности в усталостном разрушении. Численный расчет сварочных напряжений и деформаций при выполнении швов труб большого диаметра по схеме В1. Особенности моделирования сварочного цикла. Распределение предельной поврежденности в усталостном разрушении при выполнении шва по схеме В1. Моделирование сварочного цикла при сварке труб большого диаметра по секторной схеме. Распределение асимметрии цикла и предельной поврежденности в усталостном разрушении при многоцикловом нагружении. Деформации и напряжения как компоненты энергетического состояния сварной конструкции. Соотношение между напряжениями и деформациями в процессе внешних воздействий. Уменьшение сварочных деформаций как путь повышения точности изготовления сварных конструкций. Методы предотвращения остаточных деформаций. Средства уменьшения деформаций, возникающих при сварке конструкций. Конструктивные меры уменьшения сварочных деформаций. Закрепление свариваемых деталей. Применение обратных выгибов. Предварительный изгиб. Начальное растяжение. Сварка в закрепленном состоянии. Технологические методы уменьшения сварочных деформаций. Технологические методы уменьшения сварочных напряжений. Меры уменьшения деформаций при сварке плоских конструкций. Меры уменьшения деформаций при сварке конструкций рамного типа. Уменьшение деформаций при сварке трубопроводов. Уменьшение деформаций при сварке сосудов и цистерн.

Тема 2. Методы исправления конструкций (3 час).

Методы правки. Тепловая правка конструкций. Тепловая правка балочных конструкций. Тепловая правка плоских конструкций. Тепловая правка участков потери устойчивости плоских конструкций. Механическая прокатка шва. Деформации, возникающие при прокатке шва. Прокатка околошовной зоны. Проковка шва. Приложение статической нагрузки. Растяжение сварного соединения.

Основные принципы уменьшения остаточных сварочных напряжений. Конструктивные меры. Уменьшение объемности напряженного состояния. Технологические меры уменьшения сварочных напряжений. Влияние погонной энергии на возникновение сварочных напряжений. Влияние последовательности выполнения швов на остаточные напряжения. Термическая обработка сварных соединений с целью уменьшения сварочных напряжений. Локальная и общая термообработка. Увеличение деформаций при термообработке. Методы и средства термообработки. Термообработка труб большого диаметра. Влияние фазовых превращений на сварочные напряжения.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Практические занятия (36 час, в том числе по МАО 12 час.)

Занятие 1. Расчет деформаций и напряжений стержня при термическом цикле (8 час, в том числе по МАО 2 час.)

1. Построение диаграммы деформирования для свободного стержня.
2. Построение диаграммы деформирования для упругого стержня.
3. Построение диаграммы деформирования для защемленного стержня.
4. Оформление отчета.

Занятие 2. Метод Николаева при расчете сварочных деформаций и напряжений (8 час, в том числе по МАО 4 час.)

1. Расчет стадии нагрева края пластины.
2. Расчет стадии охлаждения края пластины.
3. Расчет стадии нагрева центра пластины.
4. Расчет стадии охлаждения центра пластины.
5. Оформление отчета.

Занятие 3. Расчет сварочных деформаций по методу Кузьминова (6 час, в том числе по МАО 2 час.)

1. Определение данных задания.
2. Расчет параметров сварочного нагрева.
3. Расчет геометрических параметров сечения.
4. Расчет сварочных деформаций.
5. Оформление отчета.

Занятие 4. Расчет напряженно – деформированного состояния сварных конструкций методом конечных элементов (6 час, в том числе по МАО 2 час.)

1. Изучение основ метода конечных элементов.
2. Изучение основ работы в пакете ANSYS.
3. Расчет напряженно-деформированного состояния пластины.
4. Знакомство с другими пакетами расчета МКЭ – Visual Weld, Simufact Welding.
5. Оформление отчета.

Занятие 5. Расчет напряженно – деформированного состояния МКЭ в программе КОМПАС (8 час, в том числе по МАО 2 час.)

- 1.Изучение работа в пакете КОМПАС.
- 2.Изучение примера выполнения расчета напряженно-деформированного состояния в пакете КОМПАС.
3. Формирование геометрии заданной конструкции.
- 4.Расчет конструкции в АРМ FEM КОМПАС.
- 5.Оформленеи отчета.

5. СТРУКТУРА, СОДЕРЖАНИЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно – методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Теория сварочных напряжений и деформаций» представлено ниже и включает в себя:

-план – график дисциплине в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

-характеристики заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

-требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

-критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом.

План-график выполнений самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Вид самостоятельной работы	Дата/сроки выполнения	Примерные нормы времени на выполнение, час	Форма контроля
1	Подготовка к практическим занятиям Выполнение и оформление практических работ	5-й семестр 2 неделя 4 неделя 6 неделя 8 неделя 10 неделя 12 неделя 14 неделя 16 неделя	60	УО-1 ПР-2
2	Выполнение контрольной работы	8 неделя 18 неделя	58	Контроль промежуточных и окончательного результатов выполнения

				работы
--	--	--	--	--------

Задания для самостоятельной работы к практическим:

Практическое занятие № 1. *Расчет деформаций и напряжений стержня при термическом цикле.*

Цель занятия: изучение процесса термдеформирования с возникновением остаточных напряжений и деформаций.

Структура к самостоятельному изучению.

Практическое занятие направлено на изучение процесса термдеформирования при нагреве стержня в трех вариантах:

- 1) стержень свободно подвешен;
- 2) стержень уперт между двумя плитами;
- 3) стержень защемлен обоими концами.

Здесь важно не только осознать механизм образования остаточных явлений в стержне, но и изобразить соответствующие диаграммы термдеформирования.

Практическое занятие № 2. *Метод Николаева при расчете сварочных деформаций и напряжений.*

Цель занятия: освоение инженерных методов анализа сварных конструкций.

Структура к самостоятельному изучению.

Практическое занятие направлено на изучение процесса формирования временных и остаточных сварочных деформаций и расчет их по методу Николаева. Для выполнения задания необходимо:

1. Изучить теоретические сведения по методу Николаева.
2. Разобраться со смыслом всех входных параметров программы Nikol_stu, предназначенной для расчета и построения кривых деформирования.
3. Ввести в программу данные варианта и получить расчет.
4. На полученные в результате расчета графики нанести все обозначения соответствующих линий, точек и размеров.

Основное внимание нужно уделить пониманию принципиального смысла метода Николаева.

Практическое занятие № 3. *Расчет сварочных деформаций по методу Кузьминова.*

Цель занятия – приобретения навыков расчета общих деформаций сварных конструкций на примере тавровой балки по методу Кузьминова.

Структура к самостоятельному изучению.

Основная трудоемкость выполнения задания связана с расчетом момента инерции таврового сечения. Здесь нужно повторить соответствующий раздел сопротивления материалов. Все вычисления необходимо систематизировать в соответствии с таблицей, приведенной в методических указаниях по выполнению практических заданий по дисциплине «Теория сварочных напряжений и деформаций».

Практическое занятие № 4. *Расчет напряженно – деформированного состояния сварных конструкций методом конечных элементов.*

Цель занятия – приобретение навыков расчета сварных конструкций с использованием метода конечных элементов.

Структура к самостоятельному изучению.

При выполнении расчетов с использованием МКЭ необходимо представлять, что существует последовательность процедур метода, а именно:

- Создание геометрической модели (процедура Geometri). Модель может быть создана или средствами ANSYS или в другом графическом пакете, но в этом случае необходимо согласовать расширение файлов экспорта – импорта.
- Задание физико – механических свойств материала (процедура Material). На этом этапе задаются свойства материала, которые могут быть весьма сложными. На этапе обучения можно ограничиться модулем упругости, коэффициентом Пуассона, пределом текучести, билинейным упрочнением.
- Разбиение модели на конечные элементы (процедура Mesh). От особенностей разбиения зависит не только точность решения, но и возможность его получения в принципе. В начале работы с МКЭ нужно воспользоваться процедурами автоматического разбиения.
- Задание граничных условий (закреплений) (процедура Clamping Conditions). Эта процедура предназначена для фиксации конструкции в пространстве. Компьютеру нужно «объяснить», что конструкция должна оставаться на месте, не лететь куда-то и вращаться. Это задается предотвращением перемещений в нескольких точках в различных направлениях.
- Задание нагрузок (процедура Load). Здесь нужно задать или сосредоточенные нагрузки в узлах, распределенные по плоскости. Для задач определения сварочных напряжений задается только температурная «нагрузка». Для этого в процедуре Load есть соответствующие опции.
- Расчет (процедура Solve). В этой процедуре осуществляется решение системы уравнений, создание которой есть задача предыдущих процедур. Результатом решения являются перемещения всех узлов конечных элементов, по которым вычисляются деформации и напряжений в соответствии с геометрической и физической моделью материала.
- Представление результатов (Postprocessor). Это целый блок, позволяющий представить результаты расчета в графическом виде.

Таким образом, осуществив последовательно все процедуры, можно анализировать результат.

Практическое занятие № 5. *Расчет напряженно – деформированного состояния МКЭ в программе КОМПАС*

Структура к самостоятельному изучению.

Пакет программ КОМПАС предназначен в основном для создания 3D моделей конструкций и построения по ним чертежей. Расчет МКЭ вспомогательный. В общем, существует несколько пакетов, в которых создается геометрия конструкции и ее расчет методом конечных элементов. В них делается акцент или на геометрию или на расчет

МКЭ. Пакет ANSYS достаточно универсален, но все же с акцентом на МКЭ. Пакет КОМПАС имеет то достоинство, что позволяет построить объемную геометрическую модель и сделать по ней качественные чертежи, то есть провести конструкторскую подготовку производства, в том числе и осуществить проверку конструкции на прочность.

Контрольные работы затрагивают следующие разделы:

1. Описание конструкции из заданного материала (химические, физические и механические свойства);
2. Выбор режимов сварки (форма разделки кромок, количество проходов и режимы сварки);
3. Причины возникновения остаточных сварочных деформаций и классификация остаточных сварочных деформаций;
4. Расчет и построение эпюры продольных сварочных деформаций;
5. Расчет продольных сварочных деформаций;
6. Расчет поперечных сварочных деформаций;
7. Расчет общих сварочных деформаций;
8. Мероприятия по уменьшению остаточных сварочных деформаций и напряжений.

Порядок подготовки к контрольным работам

1. Необходимо научиться подробно описывать заданную конструкцию, объяснить причины вызывающие деформации и напряжения сварных конструкций, давать классификацию сварочных деформаций и напряжений.
2. Для расчетного определения ожидаемых сварочных деформаций сварной конструкции необходимо знать механические и теплофизические свойства материала.
3. Выбор режима сварки.

Технологию сварки и сборки конструкции следует разрабатывать с учетом обеспечения минимальной величины сварочных напряжений, и там, где это диктуется условиями работы конструкции, предусматривать снятие этих напряжений. При этом следует учитывать, что снятие сварочных напряжений – весьма трудоемкая и сложная операция, и к ней следует прибегать только при действительной, технически обоснованной необходимости. Если значения сварочных напряжений достигнут предела текучести металла, они вызовут его пластическую деформацию, а следовательно, и изменения размеров и формы свариваемой конструкции, т.е. ее деформацию (коробление).

В соответствии с ОСТ 5.9083–83 «Корпуса стальных судов. Сварка углеродистых и низколегированных сталей» в работе необходимо выбрать способ сварки, род тока, полярность, положение при сварке. Геометрические размеры формы подготовки кромок, а также режимы сварки привести в таблице.

4. Построение эпюры продольных деформаций.

Для построения эпюры продольных деформаций необходимо пользоваться методом Г.А. Николаева. При этом принимается:

- гипотеза плоских сечений, устанавливающая, что поперечные сечения пластин в процессе сварки не искривляются;

- гипотеза одноосных напряжений, согласно которой в свариваемых пластинах возникают лишь напряжения σ_x ;
- схематизированная зависимость предела текучести от относительной упругой деформации на уровне предела текучести от температуры;
- модель идеально упругопластического тела;
- независимость теплофизических свойств металла от температуры в широком интервале температур;
- равномерность распределения температур, деформаций и напряжений по толщине пластины.

Цель метода – определение параметров $\varepsilon_{пол}^{ост}$, $b_{п}$, y^* , которые позволяют построить эпюру остаточных упругих $\varepsilon_{упр}^{ост}$ деформаций (напряжений) в поперечном сечении сварного стыкового соединения. Чтобы определить указанные параметры, необходимо рассмотреть продольные деформации в поперечном сечении на двух стадиях – нагрева и в остаточном состоянии после полного охлаждения. В каком именно поперечном сечении по длине соединения рассматривать деформации после охлаждения – не имеет значения, поскольку считается, что все поперечные сечения в смысле напряженно–деформированного состояния одинаковы. Что же касается стадии нагрева, то в этом состоянии далеко не безразлично, какое поперечное сечение необходимо рассматривать. Г.А. Николаев предлагает рассматривать деформации в поперечном сечении, в котором при нагреве в процессе движения источника тепла достигается максимальная ширина изотермы 600 °С.

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Планирование и организация времени, отведенного на выполнение заданий самостоятельной работы.

Изучив график выполнения самостоятельных работ, следует правильно её организовать. Рекомендуется изучить структуру каждого задания, обратить внимание на график выполнения работ, отчетность по каждому заданию предоставляется в последнюю неделю согласно графику. Обратить внимание, что итоги самостоятельной работы влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины.

Работа с литературой.

При выполнении ряда заданий требуется работать с литературой. Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ (<http://www.dvfu.ru/library/>) и других ведущих вузов страны, а также доступных для использования научно-библиотечных систем.

В процессе выполнения самостоятельной работы рекомендуется работать со следующими видами изданий:

а) Научные издания, предназначенные для научной работы и содержащие теоретические, экспериментальные сведения об исследованиях. Они могут публиковаться в форме: монографий, научных статей в журналах или в научных сборниках;

б) Учебная литература подразделяется на:

- учебные издания (учебники, учебные пособия, тексты лекций), в которых содержится наиболее полное системное изложение дисциплины или какого-то ее раздела;

- справочники, словари и энциклопедии – издания, содержащие краткие сведения научного или прикладного характера, не предназначенные для сплошного чтения. Их цель – возможность быстрого получения самых общих представлений о предмете.

Существуют два метода работы над источниками:

– сплошное чтение обязательно при изучении учебника, глав монографии или статьи, то есть того, что имеет учебное значение. Как правило, здесь требуется повторное чтение, для того чтобы понять написанное. Старайтесь при сплошном чтении не пропускать комментарии, сноски, справочные материалы, так как они предназначены для пояснений и помощи. Анализируйте рисунки (карты, диаграммы, графики), старайтесь понять, какие тенденции и закономерности они отражают;

– метод выборочного чтения дополняет сплошное чтение; он применяется для поисков дополнительных, уточняющих необходимых сведений в словарях, энциклопедиях, иных справочных изданиях. Этот метод крайне важен для повторения изученного и его закрепления, особенно при подготовке к зачету.

Для того чтобы каждый метод принес наибольший эффект, необходимо фиксировать все важные моменты, связанные с интересующей Вас темой.

Тезисы – это основные положения научного труда, статьи или другого произведения, а возможно, и устного выступления; они несут в себе больший объем информации, нежели план. Простые тезисы лаконичны по форме; сложные – помимо главной авторской мысли содержат краткое ее обоснование и доказательства, придающие тезисам более весомый и убедительный характер. Тезисы прочитанного позволяют глубже раскрыть его содержание; обучаясь излагать суть прочитанного в тезисной форме, вы сумеете выделять из множества мыслей авторов самые главные и ценные и делать обобщения.

Конспект – это способ самостоятельно изложить содержание книги или статьи в логической последовательности. Конспектируя какой-либо источник, надо стремиться к тому, чтобы немногими словами сказать о многом. В тексте конспекта желательно поместить не только выводы или положения, но и их аргументированные доказательства (факты, цифры, цитаты).

Писать конспект можно и по мере изучения произведения, например, если прорабатывается монография или несколько журнальных статей.

Составляя тезисы или конспект, всегда делайте ссылки на страницы, с которых вы взяли конспектируемое положение или факт, – это поможет вам сократить время на поиск нужного места в книге, если возникает потребность глубже разобраться с излагаемым вопросом или что-то уточнить при написании письменных работ.

6. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства	
				текущий контроль	текущий контроль
1	Напряженное состояние	ПК-5.2 Проводит исследования и разрабатывает мероприятия по предупреждению брака и обеспечению качества продукции с разработкой мер исправления дефектов и снижения внутренних напряжений	Знает методы научных исследований и испытаний сварных конструкций предназначенных для проведения мероприятий по предупреждению брака и повышению качества	Опрос. УО-1	1-2
			Умеет проводить испытания сварных конструкций с целью исправления дефектов и снижения сварочных напряжений.	Опрос. УО-1	1-2
			Владеет методиками исправления дефектов и снижения сварочных напряжений	ПЗ-1 ПР-12	
2	Метод Николаева	ПК-5.2 Проводит исследования и разрабатывает мероприятия по предупреждению брака и обеспечению качества продукции с разработкой мер исправления дефектов и снижения внутренних напряжений	Знает методы научных исследований и испытаний сварных конструкций предназначенных для проведения мероприятий по предупреждению брака и повышению качества	Опрос. УО-1	3-5
			Умеет проводить испытания сварных конструкций с целью исправления дефектов и снижения сварочных напряжений.	ПЗ-2 ПР-12	
			Владеет методиками исправления дефектов и снижения сварочных напряжений	ПЗ-2 ПР-12	
3	Поперечные деформации	ПК-5.2 Проводит исследования и разрабатывает мероприятия по предупреждению брака и обеспечению качества продукции с разработкой мер исправления дефектов и снижения внутренних напряжений	Знает методы научных исследований и испытаний сварных конструкций предназначенных для проведения мероприятий по предупреждению брака и повышению качества	Опрос. УО-1	6-10
			Умеет проводить испытания сварных конструкций с целью исправления дефектов и снижения сварочных напряжений.	ПЗ-2 ПР-12	
			Владеет методиками исправления дефектов и снижения сварочных напряжений	ПЗ-2 ПР-12	

4	Взаимодействие ОСН и нагрузки	ПК-5.2 Проводит исследования и разрабатывает мероприятия по предупреждению брака и обеспечению качества продукции с разработкой мер исправления дефектов и снижения внутренних напряжений	Знает методы научных исследований и испытаний сварных конструкций предназначенных для проведения мероприятий по предупреждению брака и повышению качества	Опрос. УО-1	11-14
			Умеет проводить испытания сварных конструкций с целью исправления дефектов и снижения сварочных напряжений.	ПЗ-3 ПР-12	
			Владеет методиками исправления дефектов и снижения сварочных напряжений	ПЗ-3 ПР-12	
5	Цилиндрические конструкции	ПК-5.2 Проводит исследования и разрабатывает мероприятия по предупреждению брака и обеспечению качества продукции с разработкой мер исправления дефектов и снижения внутренних напряжений	Знает методы научных исследований и испытаний сварных конструкций предназначенных для проведения мероприятий по предупреждению брака и повышению качества	Опрос. УО-1	15-19
			Умеет проводить испытания сварных конструкций с целью исправления дефектов и снижения сварочных напряжений.	ПЗ-3 ПР-12	
			Владеет методиками исправления дефектов и снижения сварочных напряжений	ПЗ-3 ПР-12	
6	Численные методы расчета термомеханической задачи	ПК-5.2 Проводит исследования и разрабатывает мероприятия по предупреждению брака и обеспечению качества продукции с разработкой мер исправления дефектов и снижения внутренних напряжений	Знает методы научных исследований и испытаний сварных конструкций предназначенных для проведения мероприятий по предупреждению брака и повышению качества	Опрос. УО-1	20-24
			Умеет проводить испытания сварных конструкций с целью исправления дефектов и снижения сварочных напряжений.	ПЗ-4 ПР-12	
			Владеет методиками исправления дефектов и снижения сварочных напряжений	ПЗ-4 ПР-12	
7	Циклическая нагрузка в цилиндрических конструкциях	ПК-5.2 Проводит исследования и разрабатывает мероприятия по предупреждению брака и обеспечению качества	Знает методы научных исследований и испытаний сварных конструкций предназначенных для проведения мероприятий по предупреждению брака и повышению качества	Опрос. УО-1	25-28
			Умеет проводить испытания сварных	ПЗ-4 ПР-12	

		продукции с разработкой мер исправления дефектов и снижения внутренних напряжений	конструкций с целью исправления дефектов и снижения сварочных напряжений. Владеет методиками исправления дефектов и снижения сварочных напряжений	ПЗ-4 ПР-12	
8	Методы правки конструкций	ПК-5.2 Проводит исследования и разрабатывает мероприятия по предупреждению брака и обеспечению качества продукции с разработкой мер исправления дефектов и снижения внутренних напряжений	Знает методы научных исследований и испытаний сварных конструкций предназначенных для проведения мероприятий по предупреждению брака и повышению качества	Опрос. УО-1	29-31
			Умеет проводить испытания сварных конструкций с целью исправления дефектов и снижения сварочных напряжений.	ПЗ-5 ПР-12	
			Владеет методиками исправления дефектов и снижения сварочных напряжений	ПЗ-5 ПР-12	
9	Заключительная лекция	ПК-5.2 Проводит исследования и разрабатывает мероприятия по предупреждению брака и обеспечению качества продукции с разработкой мер исправления дефектов и снижения внутренних напряжений	Знает методы научных исследований и испытаний сварных конструкций предназначенных для проведения мероприятий по предупреждению брака и повышению качества	Опрос. УО-1	32-40
			Умеет проводить испытания сварных конструкций с целью исправления дефектов и снижения сварочных напряжений.	КР ПР-5	
			Владеет методиками исправления дефектов и снижения сварочных напряжений	КР ПР-5	

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и(или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

7. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(печатные и электронные издания)

1. Теория сварочных процессов: Учебник для вузов / А.В. Коновалов, А.С. Куркин, Э.Л. Макаров, В.М. Неровный, Б.Ф. Якушин; Под ред. В.М. Неровного. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 752 с. Режим доступа: . <http://baumanpress.ru/books/563/563.pdf>
2. Теория свариваемости сталей и сплавов / Э. Л. Макаров, Б. Ф. Якушкин ; под ред. Э. Л. Макарова. – Москва : Изд-во Московского технического университета, 2014. – 487 с. Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:791470&theme=FEFU>
3. Дедюх Р.И. Теория сварочных процессов. Превращения в металлах при сварке [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Дедюх Р.И.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский политехнический университет, 2012.— 155 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55210> .— ЭБС «IPRbooks»

Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

1. Негода Е.Н. Методические указания по выполнению практических заданий по дисциплине «Теория сварочных напряжений и деформаций» для студентов специальности 150202. – Владивосток: Издательство ДВГТУ, 2011.-24 с. (10 экз.)
2. Гатовский К.М. Кархин В.А. Теория сварочных деформаций и напряжений. - Л.: ЛКИ, 1980. – 331с.- Режим доступа: <http://booktech.ru/books/svarka/9284>
3. Николаев Г.А., Винокуров В.А. Сварные конструкции. Расчет и проектирование: Учеб. для вузов. – М.: Высшая школа, 1990. – 446 с.- Режим доступа: <http://www.materialscience.ru/subjects/svarka/knigi>
4. А.В. Чигарев, А.С. Кравчук, А.Ф. Смалюк. ANSYS для инженеров. М.: Машиностроение, 2014. 512 с. Режим доступа: <http://bookfi.net/book/497235>
5. Кузминов С.А. Сварочные деформации судовых корпусных конструкций. – Л.: Изд-во Судостроение, 1974. – 287с. – Режим доступа: <http://www.morkniga.ru/p189170.html>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- <http://websvarka.ru>
- <http://www.svarka.com>
- <http://autoweld.ru/statyai.php>
- <http://www.shtorm-its.ru>
- <http://www.osvarke.com>
- <http://www.autowelding.ru>
- <http://www.drevniymir.ru>
- <http://www.weldportal.ru>
- <http://www.esab.ru>
- <http://www.spetsselektrode.ru>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

При выполнении практических заданий и курсовой работы используются следующие программы:

1. Nikol_sntu.m – программа в пакете MatLab, предназначенная для расчета сварочных деформаций в пластинах. Используется при выполнении практического задания №2.

2. КОМПАС, ANSYS – пакеты программ для расчета напряженно-деформированного состояния сварных конструкций. Предназначены для выполнения практического задания №3.

3. Visual Weld, Simufact Welding – пакеты программ для моделирования сварочных процессов. Предназначены для выполнения дополнительных заданий и ВКР по направлению «Теория сварочных напряжений и деформаций».

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая рекомендация

Студентам необходимо ознакомиться с содержанием рабочей программы учебной дисциплины (далее - РПУД), с целями и задачами дисциплины, её связями с другими дисциплинами образовательной программы, методическими разработками по данной дисциплине,

имеющимся на образовательном портале и сайте, с графиком консультаций преподавателей.

8.1. Рекомендации по планированию и организации времени, отведенного на изучение дисциплины

На изучение дисциплины отведено 144 часа, из них 72 часов – самостоятельная работа студентов. Данное время должно быть использовано обучающимся планомерно в течение всего семестра.

Планирование – важная черта человеческой деятельности, один из характерных, обязательных признаков человеческого труда. Для организации сложной учебной деятельности очень эффективным является использование средств, напоминающих о стоящих перед нами задачах, их последовательности выполнения. Такими средствами могут быть мобильный телефон, имеющий программу органайзера, включающего будильник, календарь и список дел; таймеры, напоминающие о выполнении заданий по дисциплине «Теория сварочных напряжений и деформаций»; компьютерные программы составления списка дел, выделяющие срочные и важные дела.

Регулярность – первое условие поисков более эффективных способов работы. Рекомендуется выбрать один день недели для регулярной подготовки по дисциплине «Теория сварочных напряжений и деформаций». Регулярность не просто позволяет подготовиться к делу, она создает настрой на это дело, позволяет выработать правила выполнения дела (например, сначала проработка материала лекции, учебника, чтение первоисточника, затем выделение и фиксирование основных идей в тетради).

Еженедельная подготовка по дисциплине «Теория сварочных напряжений и деформаций» требует временных затрат – это 5 часа в неделю.

Начиная изучение дисциплины «Теория сварочных напряжений и деформаций» необходимо:

- ознакомиться с программой, изучить список рекомендуемой литературы. К программе курса необходимо будет возвращаться постоянно, по мере усвоения каждой темы в отдельности, для того чтобы понять: достаточно ли полно изучены все вопросы;
- внимательно разобраться в структуре дисциплины в системе распределения учебного материала по видам занятий, формам контроля, чтобы иметь представление о курсе в целом, о лекционной и практической части всего курса изучения;
- обратиться к методическому пособию по дисциплине, позволяющим ориентироваться в последовательности выполнения практических заданий;

При подготовке к занятиям по дисциплине «Теория сварочных напряжений и деформаций» необходимо руководствоваться нормами времени на выполнение заданий. Например, при подготовке к занятию на проработку конспекта одной лекции, учебников, как правило, отводится около 0,5 часа, а на изучение первоисточников объемом 16 страниц печатного текста с составлением конспекта 1,5–2 часа, с составлением лишь плана около 1 часа.

8.2 Описание последовательности действий при изучении дисциплины

В соответствии с целями и задачами дисциплины студент изучает на занятиях и дома разделы лекционного курса, готовится к практическим занятиям, проходит контрольные точки текущей аттестации, включающие разные формы проверки усвоения материала: контрольный опрос.

Освоение дисциплины включает несколько составных элементов учебной деятельности.

1. Внимательное чтение программы курса (помогает целостно увидеть структуру изучаемых вопросов).

Важная роль в планировании и организации времени на изучение дисциплины отводится знакомству с планом-графиком выполнения самостоятельной работы студентов по дисциплине. В нем содержится перечень контрольных испытаний для всех разделов и тем, включая экзамен; указаны сроки сдачи заданий, предусмотренных учебной программой курса дисциплины «Теория сварочных напряжений и деформаций».

2. Важнейшей составной частью освоения курса является посещение лекций (обязательное) и их конспектирование. Глубокому освоению лекционного материала способствует предварительная подготовка, включающая чтение предыдущей лекции, работу с учебниками.

3. Регулярная подготовка к практическим занятиям и активная работа на занятиях, включающая:

- повторение материала лекции по теме семинара;
- знакомство с планом занятия и списком основной и дополнительной литературы, с рекомендациями по подготовке к занятию;
- изучение научных сведений по данной теме в разных учебных пособиях;
- чтение первоисточников и предлагаемой дополнительной литературы;
- посещение консультаций с целью выяснения возникших сложных вопросов при подготовке к практике, сдаче практических заданий, подготовке к тестовым заданиям.

4. Самостоятельная проработка тем, не излагаемых на лекциях, написание конспекта.

5. Подготовка к экзамену (в течение семестра), повторение материала всего курса дисциплины.

Для реализации информации в письменном/машинно-печатном виде необходимо выполнять общепринятые требования по оформлению - ГОСТ 2.105 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам; Процедура. Требования к выполнению письменных работ в ДВФУ.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия лекционного типа проводятся в учебной аудитории L-345, оборудованной рядом компьютеров, предназначенных для выполнения практических заданий. Для организации самостоятельной работы обучающимся должен быть обеспечен доступ к компьютеру, удаленный доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Учебные занятия по дисциплине могут проводиться в следующих помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением, расположенных по адресу 690022, г. Владивосток, о.Русский, п. Аякс, 10: L101, L103, L105, L 343, L 344, L346, L347, L348

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы ¹	Оснащенность специальных помещений и помещений для проведения учебных занятий, для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Учебные аудитории для проведения учебных занятий:		
L 343	Лекционная аудитория оборудована маркерной доской, экраном, проектором. Установлено: Лазерно-ультразвуковой дефектоскоп УДЛ-2М Оборудование для визуального и измерительного контроля	Не применяется
L346	Лекционная аудитория оборудована маркерной доской,	Не применяется

¹ В соответствии с п.4.3. ФГОС

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы ¹	Оснащенность специальных помещений и помещений для проведения учебных занятий, для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	экраном, проектором.	
L347	Лекционная аудитория оборудована маркерной доской, экраном, проектором.	Не применяется
Учебные лаборатории для проведения учебных занятий:		
L101	<p>Универсальная испытательная машина UH-1000kN. Универсальная испытательная машина AG-100kNXplus. Универсальная настольная испытательная машина AGS-10kNX. Универсальная настольная испытательная машина AGS-1kNX. Имитатор нагрузки EFE-JF-30kN. Универсальная напольная сервогидравлическая система для динамических испытаний Servopulser Series U. Универсальная электромагнитная система для динамических испытаний ММТ. Ультразвуковая система для усталостных испытаний USF-2000A. Универсальный твердомер OMNITEST. Копер маятниковый IMPACT P-450. Автоматический отрезной станок MECATOME T210 Запрессовочный станок MECAPRESS III Автоматическая шлифовально-полировальная станция MECATECH 234</p>	Программное обеспечение «TRAPEZIUM X» по контракту поставки испытательного оборудования
L103	Комплексная система для роботизированных процессов дуговой сварки и аддитивных дуговых технологий (WAAM). Система включает промышленный робот KUKA KR8 2010-2 и источник питания A7 MIG Welder 450, предназначенный для профессионального использования в роботизированных сварочных системах	Программное обеспечение Kemppi Wise. По контракту № ЭЗП-869-22 от 10.11.2022
	Интеллектуальное сварочное оборудование с цифровой технологией управления X8 MIG Welder . Обеспечивает синергетическую и импульсную сварку MIG/MAG, ручную дуговую сварку (ММА), пайку MIG, наплавку и строжку.	Используется программное обеспечение для управления сварочным производством WeldEye. Реализована функция цифровых технологических карт, улучшающая контроль качества и избавляющая от необходимости использовать печатные технологические карты.
	Интеллектуальное сварочное оборудование с цифровой технологией управления КЕДР MultiMIG-5000DP - высокотехнологичный многофункциональный промышленный источник питания для MIG/MAG, ММА и TIG сварки.	Широкий пакет предустановленных программ, разработанных для различного типа проволоки, защитного газа и свариваемого металла, а также импульсные режимы сварки с использованием одинарного или двойного импульсов.
L105	<p>Автоматический микротвердомер H MV-G-FA-D. Динамический микротвердомер DUH-211S. Инвертированный металлографический микроскоп ECLIPSE MA200 Анализатор фрагментов микроструктуры твердых тел</p>	ПО Siams 800 по договору поставки № 000000002022PY20004/ЕН-1019-22 Пер номер. ЭУ0282519 от 11.11.2022.

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы ¹	Оснащенность специальных помещений и помещений для проведения учебных занятий, для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	Siams 800 + Стереомикроскоп CRAFTTEST 608 Сканирующий зондовый атомно-силовой микроскоп SPM-9600 Современный оптико-эмиссионный спектрометр для элементного анализа металлов и сплавов СПАС-05.	ПО Спас-05 по договору поставки №0000000002022PY20004 Per номер. ЭУ0281759 от 21.10.2022
L348	Комплект оборудования для исследования трибологических свойств материалов (машина трения) УМТ-3 (Bruker, Германия). Прибор измерения параметров шероховатости обработанной поверхности ContourGT-I (Bruker, Германия)	
Помещение для самостоятельной работы:		
L344	Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 4 шт.;	Microsoft Windows 7 Pro (контракт № А238-14/2); Неисключительные права на использование ПО Microsoft рабочих станций пользователей (контракт ЭА-261-18 от 02.08.2018): - лицензия на клиентскую операционную систему; - лицензия на пакет офисных продуктов для работы с документами включая формат.docx , .xlsx , .vsd , .ptt.; - лицензия на право подключения пользователя к серверным операционным системам , используемым в ДВФУ : Microsoft Windows Server 2008/2012; - лицензия на право подключения к серверу Microsoft Exchange Server Enterprise; - лицензия на право подключения к внутренней информационной системе документооборота и portalу с возможностью поиска информации во множестве удаленных и локальных хранилищах, ресурсах, библиотеках информации, включая порталные хранилища, используемой в ДВФУ: Microsoft SharePoint; - лицензия на право подключения к системе централизованного управления рабочими станциями, используемой в ДВФУ: Microsoft System Center.

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонды оценочных средств представлены в приложении.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине
Теория сварочных напряжений и деформаций
Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
(Аддитивные и цифровые технологии)
Форма подготовки очная

Владивосток
2022

Перечень форм оценивания, применяемых на различных этапах формирования компетенций в ходе освоения дисциплины

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства	
				текущий контроль	текущий контроль
1	Тема 1 Напряженное состояние	ПК-5.2 Проводит исследования и разрабатывает мероприятия по предупреждению брака и обеспечению качества продукции с разработкой мер исправления дефектов и снижения внутренних напряжений	Знает методы научных исследований и испытаний сварных конструкций предназначенных для проведения мероприятий по предупреждению брака и повышению качества	Опрос. УО-1	Вопросы 1-2
			Умеет проводить испытания сварных конструкций с целью исправления дефектов и снижения сварочных напряжений.	Опрос. УО-1	Вопросы 1-2
			Владеет методиками исправления дефектов и снижения сварочных напряжений	ПЗ-1 ПР-12	Экзамен
2	Тема 2 Метод Николаева	ПК-5.2 Проводит исследования и разрабатывает мероприятия по предупреждению брака и обеспечению качества продукции с разработкой мер исправления дефектов и снижения внутренних напряжений	Знает методы научных исследований и испытаний сварных конструкций предназначенных для проведения мероприятий по предупреждению брака и повышению качества	Опрос. УО-1	Вопросы 3-5
			Умеет проводить испытания сварных конструкций с целью исправления дефектов и снижения сварочных напряжений.	ПЗ-2 ПР-12	
			Владеет методиками исправления дефектов и снижения сварочных напряжений	ПЗ-2 ПР-12	Экзамен
3	Тема 3 Поперечные деформации	ПК-5.2 Проводит исследования и разрабатывает мероприятия по предупреждению брака и обеспечению качества продукции с разработкой мер исправления дефектов и снижения внутренних	Знает методы научных исследований и испытаний сварных конструкций предназначенных для проведения мероприятий по предупреждению брака и повышению качества	Опрос. УО-1	Вопросы 6-10
			Умеет проводить испытания сварных конструкций с целью исправления дефектов и снижения сварочных напряжений.	ПЗ-2 ПР-12	
			Владеет методиками исправления дефектов	ПЗ-2 ПР-12	Экзамен

		напряжений	и снижения сварочных напряжений		
4	Тема 4 Взаимодействие ОСН и нагрузки	ПК-5.2 Проводит исследования и разрабатывает мероприятия по предупреждению брака и обеспечению качества продукции с разработкой мер исправления дефектов и снижения внутренних напряжений	Знает методы научных исследований и испытаний сварных конструкций предназначенных для проведения мероприятий по предупреждению брака и повышению качества	Опрос. УО-1	Вопросы 11-14
			Умеет проводить испытания сварных конструкций с целью исправления дефектов и снижения сварочных напряжений.	ПЗ-3 ПР-12	
			Владеет методиками исправления дефектов и снижения сварочных напряжений	ПЗ-3 ПР-12	Экзамен
5	Тема 5 Цилиндрические конструкции	ПК-5.2 Проводит исследования и разрабатывает мероприятия по предупреждению брака и обеспечению качества продукции с разработкой мер исправления дефектов и снижения внутренних напряжений	Знает методы научных исследований и испытаний сварных конструкций предназначенных для проведения мероприятий по предупреждению брака и повышению качества	Опрос. УО-1	Вопросы 15-19
			Умеет проводить испытания сварных конструкций с целью исправления дефектов и снижения сварочных напряжений.	ПЗ-3 ПР-12	
			Владеет методиками исправления дефектов и снижения сварочных напряжений	ПЗ-3 ПР-12	Экзамен
6	Тема 6 Численные методы расчета термомеханической задачи	ПК-5.2 Проводит исследования и разрабатывает мероприятия по предупреждению брака и обеспечению качества продукции с разработкой мер исправления дефектов и снижения внутренних напряжений	Знает методы научных исследований и испытаний сварных конструкций предназначенных для проведения мероприятий по предупреждению брака и повышению качества	Опрос. УО-1	Вопросы 20-24
			Умеет проводить испытания сварных конструкций с целью исправления дефектов и снижения сварочных напряжений.	ПЗ-4 ПР-12	
			Владеет методиками исправления дефектов и снижения сварочных напряжений	ПЗ-4 ПР-12	Экзамен
7	Тема 7 Циклическая нагрузка в цилиндрических конструкциях	ПК-5.2 Проводит исследования и разрабатывает мероприятия по предупреждению брака	Знает методы научных исследований и испытаний сварных конструкций предназначенных для проведения мероприятий по предупреждению брака и повышению качества	Опрос. УО-1	Вопросы 25-28

		и обеспечению качества продукции с разработкой мер исправления дефектов и снижения внутренних напряжений	Умеет проводить испытания сварных конструкций с целью исправления дефектов и снижения сварочных напряжений.	ПЗ-4 ПР-12	
			Владеет методиками исправления дефектов и снижения сварочных напряжений	ПЗ-4 ПР-12	Экзамен
8	Тема 8 Методы правки конструкций	ПК-5.2 Проводит исследования и разрабатывает мероприятия по предупреждению брака и обеспечению качества продукции с разработкой мер исправления дефектов и снижения внутренних напряжений	Знает методы научных исследований и испытаний сварных конструкций предназначенных для проведения мероприятий по предупреждению брака и повышению качества	Опрос. УО-1	Вопросы 29-31
			Умеет проводить испытания сварных конструкций с целью исправления дефектов и снижения сварочных напряжений.	ПЗ-5 ПР-12	
			Владеет методиками исправления дефектов и снижения сварочных напряжений	ПЗ-5 ПР-12	Экзамен
9	Тема 9 Заключительная лекция	ПК-5.2 Проводит исследования и разрабатывает мероприятия по предупреждению брака и обеспечению качества продукции с разработкой мер исправления дефектов и снижения внутренних напряжений	Знает методы научных исследований и испытаний сварных конструкций предназначенных для проведения мероприятий по предупреждению брака и повышению качества	Опрос. УО-1	Вопросы 32-40
			Умеет проводить испытания сварных конструкций с целью исправления дефектов и снижения сварочных напряжений.	КР ПР-5	
			Владеет методиками исправления дефектов и снижения сварочных напряжений	КР ПР-5	Экзамен

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели	баллы
ОПК-1. Умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знает	физические процессы образования остаточных сварочных напряжений и деформаций. Методы предотвращения остаточных деформаций	Знание основных понятий и определений теории сварочных напряжений и деформаций;	-способность дать определения основных понятий теории сварочных напряжений и деформаций	45-64
	Умеет	рассчитывать сварочные деформации. Определять технологические схемы устранения сварочных деформаций	Умение рассчитывать сварочные напряжения и деформации.	-способность определять технологические схемы устранения сварочных деформаций	65-84
	Владеет	методами численного расчета деформаций и напряжений, нормативной документацией по данному направлению.	Владеет Численными методами расчета сварочных напряжений и деформаций	-способность рассчитывать на ЭВМ сварочные напряжения и деформации.	85-100
ОПК-3. Владением основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации.	Знает	способы и средствами получения, хранения, переработки информации	Знает способы и средствами получения, хранения, переработки информации	-способность разбираться в методах получения, хранения, переработки информацию	45-64
	Умеет	получать, хранить, перерабатывать информацию	Умеет получать, хранить, перерабатывать информацию	- способность получать, хранить, перерабатывать информацию	65-84
	Владеет	владеет основными методами переработки информации.	Владеет основными методами переработки информации.	- способность применять различные методы получения, хранения, переработки информации	85-100

ПК-11. Способностью обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий.	Знает	методы уменьшения сварочных деформаций	Знает методы борьбы с остаточными сварочными деформациями	- способность выбрать метод уменьшения сварочных деформаций	45-64
	Умеет	разрабатывать технологические приемы изготовления конструкций при минимальных деформациях	Умеет разрабатывать технологические приемы изготовления конструкций при минимальных деформациях	- способность рассчитать технологические приемы изготовления конструкций при минимальных деформациях	65-84
	Владеет	способами измерения остаточных сварочных деформаций	Владеет способами измерения и оценки остаточных сварочных деформаций	- способность организовать технологию изготовления конструкций с получением минимума сварочных деформаций.	85-100
ПК-14 Способностью участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции.	Знает	основные методы проектирования конструкций с минимумом ОСН	Знает основные методы проектирования конструкций с минимумом ОСН	-способность ориентироваться в методах расчета и анализа сварочных напряжений и деформаций	45-64
	Умеет	применять знание формирования ОСН при проектировании и ремонте сварных конструкций	Умеет применять знание формирования ОСН при проектировании и ремонте сварных конструкций	-способность рассчитывать сварочные напряжения и деформации в конструкциях	65-84
	Владеет	методами проверки качества сварных конструкций при анализе сварочных напряжений и деформаций	Владеет методами проверки качества сварных конструкций при анализе сварочных напряжений и деформаций	-способность выбрать и реализовать метод предупреждения сварочных деформаций при минимуме сварочных напряжений	85-100

Критерии оценки (устный ответ)

✓ 100-85 баллов - если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение

монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

✓ 85-76 - баллов - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 75-61 - балл – оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

✓ 60-50 баллов – ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

**Критерии выставления оценки студенту на экзамене
по дисциплине «Теория сварочных напряжений и деформаций»
(тестовые вопросы)**

Процент правильных ответов	Экзаменационная оценка
Менее 60%	неудовлетворительно
От 61% до 75%	удовлетворительно
От 76% до 85%	хорошо
От 86% до 100%	отлично

**Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов
освоения дисциплины**

Текущая аттестация студентов. Текущая аттестация студентов по дисциплине «Теория сварочных напряжений и деформаций» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Теория сварочных напряжений и деформаций» проводится в форме контрольных мероприятий по оцениванию фактических

результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы

Текущая аттестация студентов по дисциплине «Теория сварочных напряжений и деформаций» осуществляется в соответствии с рейтинг - планом.

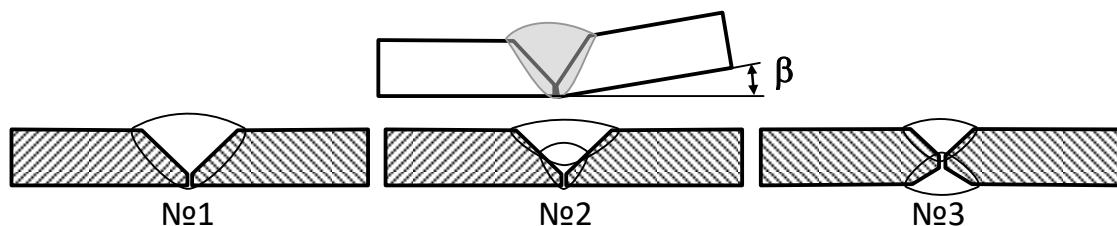
Список вопросов для промежуточного и итогового контроля

1. В чем причина теплового расширения металлов?
2. Каков механизм образования остаточных пластических деформаций?
3. Какие гипотезы лежат в основе инженерных методов расчета сварочных деформаций и напряжений?
4. Каковы виды остаточных сварочных деформаций?
5. Что такое временные деформации и напряжения?
6. Какие деформации образуются при сварке стыкового шва полотнища?
7. Какие деформации образуются при сварке трубы?
8. Как определяются поперечные деформации?
9. В чем принципиальное отличие формирования сварочных деформаций при нагреве края пластины и сварке пластины по центру?
10. Какое выражение имеет первый закон Ньютона при сварке?
11. Изобразите остаточные продольные напряжения поперек шва.
12. Изобразите остаточные продольные напряжения вдоль шва.
13. Изобразите остаточные поперечные напряжения вдоль шва.
14. Изобразите остаточные поперечные напряжения поперек шва.
15. Изобразите остаточные поперечные напряжения у края пластины.
16. В чем отличие методов Николаева и Окерблома?
17. Что такое удельный погонный объем укорочения?
18. Почему возникают угловые деформации пластин при сварке?
19. Как рассчитать деформации полотнища с перекрестным набором?
20. Изобразите эпюры остаточных напряжений после сварки короткого шва.
21. В чем суть оптических методов экспериментального определения напряжений в металлах?
22. Как определяются остаточные сварочные напряжения по методу тензометрирования?
23. Каковы достоинства метода конечных элементов при расчете сварочных напряжений?
24. Изобразите деформацию цилиндра при сварке кольцевого шва.
25. Как изменяются остаточные напряжения после циклического нагружения?
26. Как рассчитать предварительный изгиб сварной балки для предотвращения остаточного прогиба?
27. В чем физическая суть тепловой правки конструкций?
28. Можно ли снять остаточные напряжения локальным нагревом?

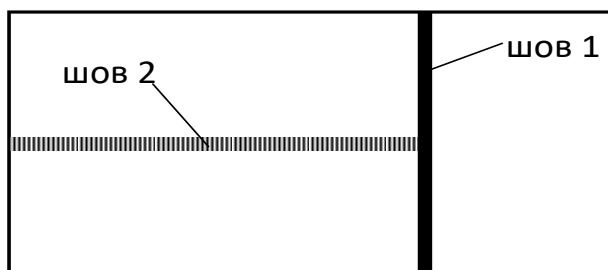
29. Как образуются угловые деформации при сварке листов?
30. Как образуются угловые деформации при сварке тавра?
31. Как остаточные сварочные напряжения взаимодействуют со статической нагрузкой?
32. Каков механизм образования остаточных напряжений?
33. Каковы методы предотвращения остаточных сварочных деформаций?
34. Каковы методы уменьшения остаточных сварочных напряжений?
35. Окончательную механическую обработку сварного изделия нужно производить до или после термообработки?
36. Какова максимальная величина остаточных сварочных деформаций?
37. Какова максимальная величина остаточных сварочных напряжений?
38. Как влияют остаточные сварочные напряжения на статическую прочность конструкции?
39. Как влияют остаточные сварочные напряжения на динамическую прочность конструкции?
40. Каков механизм возникновения поперечных деформаций?

Тестовые вопросы по дисциплине «Теория сварочных напряжений и деформаций»

1. После сварки листов в стык возможно появление угловой деформации β . Расположите сварные соединения в порядке уменьшения угловой деформации β . 1) №1; №2; №3; 2) №2; №3; №1; 3) №3; №2; №1; 4) №2; №1; №3

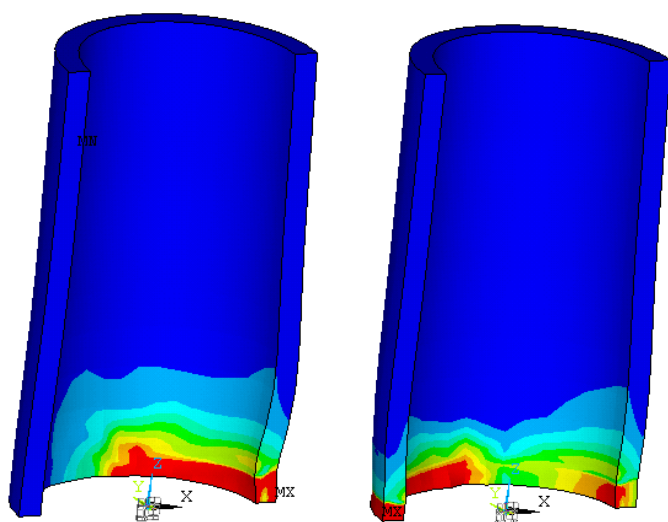
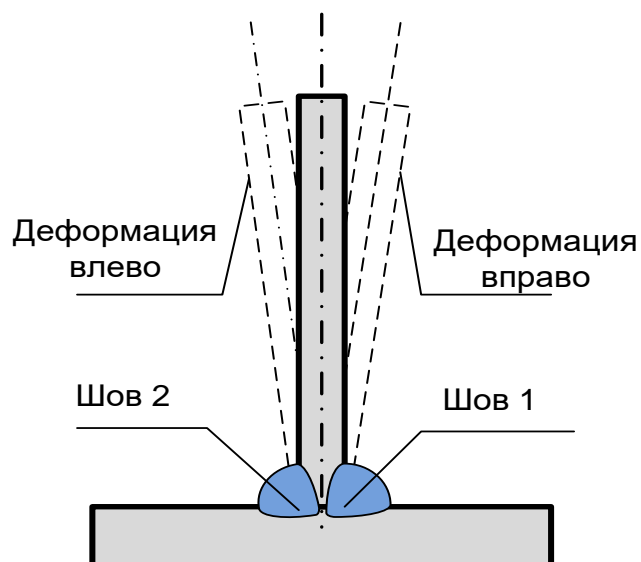


2. Требуется соединить листы тонкостенного полотнища. В какой последовательности следует выполнять сварку? 1) Шов 1, затем шов 2; 2) Шов 2, затем шов 1; 3) Последовательность выполнения сварных швов значения не имеет.



11. При двусторонней сварке таврового соединения угловыми швами в последовательности швов 1-2, выполненных на одинаковом режиме, остаточная угловая деформация будет:

- 1) Вправо. 2) Влево. 3) Остаточная угловая деформация отсутствует.



12. При выполнении кольцевого шва трубопровода (рисунок симметричен относительно оси Z – четверть трубы) с пределом текучести стали 300 МПа по схеме В1, расчетом МКЭ получено распределение остаточных напряжений:

- 1) Интенсивность напряжений.
- 2) Распределение осевых (поперечных) напряжений.
- 3) Распределение окружных (продольных) напряжений.



13. Потеря устойчивости сварной пластины вдали от ее края вызывается:

- 1). Продольными остаточными напряжениями сжатия. 2) Продольными остаточными напряжениями растяжения. 3) Поперечными остаточными напряжениями.

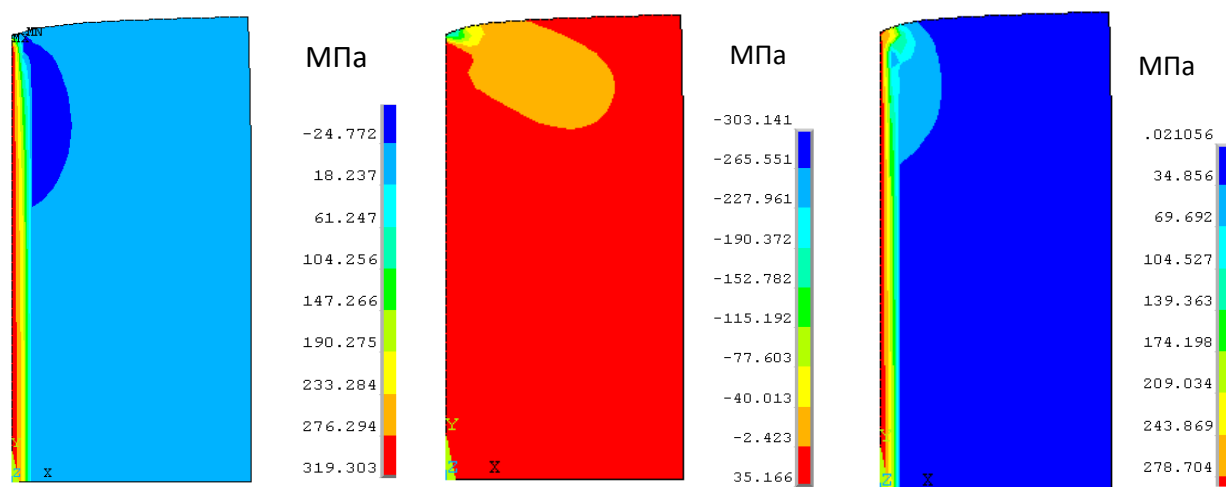
14. Термообработка сварных изделий производится:

- 1) До окончательной механической обработки. 2) Последовательность не важна. 3) После окончательной механической обработки.

15. Величина остаточного изгиба сварной конструкции определяется расстоянием от центра объема укорочения до:

- 1) ближайшей границы конструкции. 2). центра тяжести сечения. 3) дальней границы конструкции.

16. В результате расчета МКЭ получено распределение напряжений при сварке двух одинаковых пластин. На рисунке приведена симметричная (относительно $x=0$) четверть изделия. Распределение интенсивности напряжений это:
1) А. 2) Б. 3) В.



19. Полное исчезновение остаточных напряжений (M01) можно достичь:

1) отпуском всей конструкции, 2) растяжением шва до предела текучести. 3) локальным нагревом.

20. Ширина зоны растягивающих продольных остаточных сварочных напряжений:

1) больше ширины ЗТВ. 2) меньше ширины ЗТВ, 3) равна ширине ЗТВ.

21. Меры по уменьшению остаточных сварочных напряжений вызывают:

1) уменьшение остаточных деформаций, 2) не изменяют остаточные деформации, 3) увеличение остаточных деформаций.

**Критерии выставления оценки студенту на экзамене
по дисциплине «Теория сварочных напряжений и деформаций»:**

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям <i>Дописать оценку в соответствии с компетенциями. Привязать к дисциплине</i>
86-100	«отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

71-85	<i>«хорошо»</i>	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
56-70	<i>«удовлетворительно»</i>	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
Менее 56	<i>«неудовлетворительно»</i>	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.