

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»**

**Институт технологий и инженерной механики
Кафедра обработки металлов давлением и сварки**



УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

(подпись)

Могильная Е.П.

« 18 » 04 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«НАПРЯЖЕНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ ПРИ СВАРКЕ»

По направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение

Профиль: «Оборудование и технология сварочного производства»

Луганск – 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Напряжения и деформации при сварке» по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение. – ___ с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Напряжения и деформации при сварке» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 9 августа 2021 года № 727.

СОСТАВИТЕЛЬ:

ст. преподаватель Черноморов М.И.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры обработки металлов давлением и сварки «11» 04 2023 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой

обработки металлов давлением и сварки А.С. Стоянов А.А.

Переутверждена: «___» _____ 20___ г., протокол № _____

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института _____
«18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической

комиссии института технологий и инженерной механики Ясуник С.Н.

Структура и содержание дисциплины

1. Цель и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Целями освоения дисциплины - является приобретение студентами знаний и умений в области образования деформаций, перемещений и напряжений в сварных конструкциях. Ознакомление с современными положениями теории сварочных напряжений и деформаций, а также с методами борьбы, позволяющими снизить негативное влияние сварочных деформаций и напряжений на качество и эксплуатационные характеристики сварных конструкций.

Задачи: овладение основами знаний в области расчетного определения деформаций сварных металлоконструкций; овладение основами знаний в области регулирования напряженно-деформированного состояния сварных конструкций; овладение основами знаний в области рационального проектирования технологического процесса сварки с учетом ожидаемых деформаций сварных конструкций.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Напряжения и деформации при сварке» относится к циклу дисциплин профессиональной и практической подготовки.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин «Свариваемость конструкционных материалов», «Технология конструкционных материалов», «Теория процессов сварки», «Материаловедение», и служит основой для освоения дисциплин «Технология и оборудование для сварки машиностроительных конструкций», «Технологическая подготовка производства и других.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-4 Способен осуществлять контроль соблюдения основных параметров сварочного производства и обеспечивать требования технологического процесса для достижения качества выпускаемых изделий; - методы и средства испытаний и контроля качества изделий машиностроения.	ПК-4.1. Знать: требования нормативов времени сварочных работ, расхода свариваемых и сварочных материалов;	Знать: современное состояние методов расчетного определения и управления образованием деформаций сварных конструкций.
	ПК-4.2 Уметь: анализировать причины основных видов дефектов сварных соединений и предлагает корректирующие мероприятия по их устранению; ПК-4.3 Владеть: методами определений основных технических характеристик сварочного оборудования и проводит верификацию исполнительной документации испытательных лабораторий по контролю качества свар-	Уметь: осуществлять выбор способа осуществлять анализ напряженно-деформированного состояния конструкции после сварки; осуществлять выбор рациональной технологии после-сварочной обработки с целью минимизации вредного воздействия сварки на качество и эксплуатационные свойства сварных соединений и конструкций; иметь представление: об основных методах

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
	ных конструкций.	расчета деформаций сварных конструкций; о влиянии технологических параметров режима сварки на процесс образования деформаций; об эффективности различных методов управления и регулирования образования остаточных деформаций Владеть: навыками разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочн. форма
Общая учебная нагрузка (всего)	180 (3,0 зач. ед)	180 (3,0 зач. ед)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	51	12
Лекции	34	8
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	-	-
Лабораторные работы	17	4
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	57	96
Форма аттестации	экзамен	экзамен

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Введение. Теория деформаций и напряжений.

Основные понятия. Деформации, напряжения и перемещения при сварке. Механизм возникновения деформаций при сварке. Линейное и нелинейное изменение температуры в теле. Деформации стержня при его нагреве и охлаждении. Классификация собственных напряжений. Оси координат и соответствующее обозначение деформаций и напряжений. Теплофизические свойства металлов и температурные поля при сварке. Дилатометрические кривые. Характерные дилатограммы для различных сталей. Механические свойства металлов. Диаграммы напряжения-деформации для идеального упругопластического тела. Зависимость свойств металла от температуры.

Тема 2. Моделирование термо-деформационных процессов при сварке.

Основные физические явления, влияющие на образование деформаций и напряжений при сварке. Особенности пластического деформирования металла при переменных температурах. Механизм пластической деформации в металлах. Упругие и пластические деформации в стержне при нагреве. Уравнения упруго-пластического деформирования тела при переменных температурах. Термодеформационный цикл при сварке как основа для определения свойств металла в методе пластических приближений. Приближенные методы расчетного определения сварочных деформаций и напряжений. Определение продольных деформаций и напряжений при сварке узких пластин. Определение продольных деформаций и напряжений при наплавке валика на кромку узкой пластины.

Тема 3. Определение сварочных деформаций и напряжений.

Схематизация свариваемых тел. Понижение многомерности поля напряжений. Задача о сварочных деформациях и напряжениях – как задача термопластичности. Используемые модели твердого тела. Численные методы расчета временных и остаточных деформаций и напряжений при сварке. МКЭ при оценке сварочных деформаций.

Тема 4. Экспериментальные методы определения сварочных деформаций и напряжений. Моделирование сварочных напряжений и деформаций.

Экспериментально-расчетные методы определения сварочных деформаций и напряжений. Методы определения временных деформаций и напряжений. Одноосное напряженное состояние. Схемы установки измерительных баз. Плоское напряженное состояние. Схема измерения деформаций при плоском напряженном состоянии. Собственные продольные, поперечные и сдвиговые деформации при сварке. Методы определения остаточных деформаций и напряжений. Схемы расположения мерительных баз и разрезки при определении остаточных напряжений. Использование механических методов при определении одноосного, двухосного и трехосного напряженного состояния. Физические методы: магнитоупругий, ультразвуковой, рентгеновский методы определения остаточных напряжений.

Тема 5. Результаты исследования сварочных деформаций и напряжений.

Остаточные напряжения в прямолинейных одно- и многопроходных сварных соединениях. Характер распределения напряжений в соединениях из сталей, испытывающих структурные превращения. Остаточные напряжения в электрошлаковых стыковых сварных соединениях. Остаточные напряжения в многослойных швах с разделкой кромок.

Напряжения при асимметричных нагревах. Распределение напряжений в бесконечной пластине от мгновенного линейного источника теплоты. Остаточные напряжения после асимметричного нагрева тонкой пластины. Остаточные напряжения в сварных соединениях с кольцевыми швами. Радиальные и окружные напряжения в зоне сварного соединения оболочки. Результаты исследования временных деформаций и напряжений.

Тема 6. Распределение временных деформаций в пластине.

Распределение временных деформаций в пластине при движении асимметричного температурного поля. Деформации и перемещения в зоне сварных

соединений.

Основные виды деформаций и перемещений в зоне сварных соединений. Продольная усадка. Фиктивная усадочная сила. Эпюры остаточных напряжений упругих и пластических деформаций. Поперечные перемещения и равномерная по толщине поперечная усадка. Перемещение кромки пластины при нагреве мгновенным линейным источником. Определение поперечной усадки в зависимости от условий сварки. Неравномерная по толщине поперечная усадка и угловое перемещение. Эпюры деформаций и перемещений от неравномерного нагрева пластин по толщине при их сварке. Перемещения пластин при наплавке валиков или приварке элементов угловыми швами. Характер зависимости углового перемещения от относительной глубины провара.

Тема 7. Определение перемещения и деформации конструктивных элементов при сварке.

Перемещения в направлении перпендикуляра к поверхности свариваемых листов. Радиальные перемещения различных точек наружной поверхности цилиндрической обечайки. Перемещения точек тонкостенной оболочки при нагреве движущимся источником теплоты. Продольные перемещения при отсутствии и наличии теплоотдачи. Остаточные продольные перемещения. Перемещения и деформации в элементах сварных конструкций. Временные перемещения элементов конструкций при сварке. Сварка широких пластин. Перемещения от температурных деформаций. Перемещения от структурных превращений. Сварка узкой полосы с широкой пластиной. ЭШС продольных и кольцевых швов цилиндров. Перемещения кромок деталей при ЭШС.

Тема 8. Деформации балочных конструкций от продольных и поперечных швов.

Изгиб балки от поперечной усадки поперечного шва. Изгиб балки, имеющей ребра, приваренные к вертикальной стенке и верхнему поясу. Кручение балок и рам. Элементы конструкций, испытывающих кручение. Разновидности кажущегося кручения балок. Потеря устойчивости с тонколистовых элементах конструкций. Примеры потери устойчивости листовых элементов в сварных конструкциях. Определение максимального прогиба стенки, потерявшей устойчивость под действием сжимающих напряжений. Деформации и напряжения в оболочках. Тонкостенные оболочки с односторонними кольцевыми швами. Изгиб образующей короткой оболочки от продольной усадки продольного и кольцевого шва. Остаточные перемещения в зоне кругового шва сферической оболочки от поперечной и продольной усадки.

Тема 9. Влияния сварочных деформаций, напряжений и перемещений.

Перемещения в цилиндрической оболочке от круговых швов, присоединяющих детали к оболочке. Угловое перемещение в продольном шве цилиндрической оболочки. Толстостенные оболочки с многосторонними швами. Различные варианты укладки слоев при сварке кольцевого многослойного шва и схемы возникающих моментов. Экспериментальные определения перемещений. Схемы измерения остаточных перемещений возникающих в сварных конструкциях. Влияния сварочных деформаций, напряжений и перемещений на качество сварных конструкций и стоимость их производства. Усложнение техно-

логии производства. Изменение размеров в процессе вылеживания, механической обработки и эксплуатации. Разрушения в процессе сварки и вылеживания. Примеры разрушений элементов сварных конструкций вследствие истощения пластичности металла в зонах концентрации напряжений. Статическая прочность и прочность при ударе.

Тема 10. Примеры разрушений при эксплуатации сварных соединений.

Примеры разрушений при эксплуатации сварных соединений, имевших значительные пластические деформации и остаточные напряжения после сварки. Распространение разрушений. Прочности при переменных нагрузках. Диаграммы предельных напряжений для стыковых соединений. Влияние на жесткость и устойчивость. Коррозионная стойкость. Использование методов теории сварочных деформаций и напряжений для предупреждения вредного влияния сварки. Обеспечение требуемых форм и точности сварных конструкций на стадии проектирования, разработки технологии и выполнения сварки.

Тема 11. Рациональное проектирование.

Рациональная последовательность сварки. Закрепление изделий в приспособлениях. Создание перемещений, обратных сварочным. Механическое воздействие. Регулирование теплового воздействия. Устранение возникающих искажений форм и размеров сварных конструкций. Прокатка зоны сварных соединений. Проковка и правка механическим воздействием. Съемы прокатки роликами. Устранение проковкой радиальной усадки в сварных соединениях. Местный нагрев. Термическая обработка в зажимных приспособлениях. Расположение зон нагрева при термической правке. Способы снижения и устранения остаточных напряжений.

Тема 12. Термическая обработка.

Отпуск сварных конструкций. Термический цикл и оптимальные режимы отпуска. Прокатка тонколистовых элементов. Проковка и наблюдаемые при этом эффекты. Предварительный и сопутствующий подогревы при сварке. Импульсное и вибрационное нагружение. Термомеханический метод. Перераспределение напряжений местным нагревом. Преимущества и недостатки различных методов. Области применения теории деформаций, напряжений и перемещений.

Тема 13. Измерение сварочных напряжений, деформаций и перемещений.

Определение оптимальных параметров технологических воздействий, приводящих к уменьшению сварочных напряжений, деформаций и перемещений. Влияние измененных при сварке свойств металла, остаточных напряжений и деформаций на работоспособность и точность изготовления элементов конструкций. Механические съемные деформометры. Преобразователи и деформометры для измерения деформаций в процессе сварки. Вертикальный и горизонтальный деформометры для регистрации временных наблюдаемых деформаций металла при сварке. Точность измерительных приборов.

Тема 14. Оборудование для измерения сварочных напряжений, деформаций и перемещений.

Устройства для регистрации свободных температурных деформаций при сварочных термических циклах. Установки для определения свойств металлов в

условиях термдеформационных сварочных циклов. Установки для определения свойств металлов в условиях термдеформационных сварочных циклов. Установки для испытаний трубчатых образцов с программированным нагревом и нагружением. Заключение. Дальнейшие перспективы развития способов прогнозирования и управления образованием деформаций сварных металлоконструкций

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Тема 1. Введение. Теория деформаций и напряжений.	2	2
2	Тема 2. Моделирование термо-деформационных процессов при сварке.	2	1
3	Тема 3. Определение сварочных деформаций и напряжений.	4	1
4	Тема 4. Экспериментальные методы определения сварочных деформаций и напряжений. Моделирование сварочных напряжений и деформаций.	4	1
5	Тема 5. Результаты исследования сварочных деформаций и напряжений.	2	
6	Тема 6. Распределение временных деформаций в пластине.	2	1
7	Тема 7. Определение перемещения и деформации конструктивных элементов при сварке.	2	1
8	Тема 8. Деформации балочных конструкций от продольных и поперечных швов.	2	1
9	Тема 9. Влияния сварочных деформаций, напряжений и перемещений.	2	
10	Тема 10. Примеры разрушений при эксплуатации сварных соединений.	2	
11	Тема 11. Рациональное проектирование.	2	
12	Тема 12. Термическая обработка.	2	
13	Тема 13. Измерение сварочных напряжений, деформаций и перемещений.	2	
14	Тема 14. Оборудование для измерения сварочных напряжений, деформаций и перемещений.	4	1
Итого:		34	8

4.4. Практические занятия

Практические работы учебным планом не предусмотрены

4.5. Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	2	3	4
1.	Изучение приборов для измерения деформаций и напряжений.	2	2
2.	Собственные напряжения при сварке.	2	2
3.	Исследование уровня остаточных сварочных напряжений в	4	

	прямолинейных сварных швах методом расчленения.		
4.	Исследование временных деформаций при наплавке валика на кромку пластины.	2	
5.	Исследование механизма образования угловых деформаций.	2	
6.	Исследование продольных и поперечных упрочнений при сварке пластин.	3	
7.	Определение «активной зоны» в сварных соединениях по полосам текучести.	2	
Итого:		17	4

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1.	Пластические деформации в металлах	Поиск, анализ, структурирование и изучение информации по темам. Подготовка к экзамену	4	7
2.	Образование деформаций в сварном соединении		4	6
3.	Термомеханический метод. Усадочная сила		3	6
4.	Расчет поперечного укорочения		3	7
5.	Остаточные напряжения		3	7
6.	Поперечные перемещения и равномерная по толщине усадка		3	7
7.	Неравномерная по толщине поперечная усадка и угловые перемещения		4	7
8.	Перемещение в листовых и оболочечных конструкциях		4	7
9.	Влияние остаточных напряжений на возникновение и развитие и хрупкого разрушения		4	7
10.	Влияние на усталостную прочность		5	7
11.	Влияние остаточных напряжений на раз мере и форму конструкции		5	7
12.	Классификация методов снижения остаточных деформаций и напряжений		5	7
13.	Сварка с теплоотводом на малых погонных энергиях		5	7
14.	Компенсация деформаций при сварке сварных соединений		5	7
Итого:			57	96

4.7. Индивидуальное задание

Студенту выдается эскиз сварной конструкции с указанием швов, режимов сварки, габаритных размеров соединяемых элементов и марки свариваемого материала.

Цель выполнения индивидуального задания:

1. Рассчитать общие сварочные остаточные деформации: продольное и поперечное укорочение, угловую деформацию, потерю устойчивости и т.д.

2. Построить эпюры остаточных напряжений вдоль и поперек шва и рассчитать их.

4.8. Курсовые проекты

Курсовой проект учебным планом не предусмотрен

5. Образовательные технологии

В процессе обучения для достижения планируемых результатов освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;
- информационно-коммуникационная технология, в том числе визуализация, создание электронных учебных материалов;
- использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям, практическим и лабораторным занятиям;
- технология проблемного обучения, в том числе в рамках разбора проблемных ситуаций;
- технология развивающего обучения, в том числе постановка и решение задач от менее сложных к более сложным, развивающих компетенции студентов.

В рамках перечисленных технологий основными методами обучения являются: работа в команде; самостоятельная работа.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература

1. Касаткин В.С., Прохоренко В.М., Чертов И.М. Сварочные напряжения и деформации. - К.: Высш. шк., 1967. - 246 с. Текст: печатный//— URL: <http://biblio.dahlniver.ru/>
2. Николаев Г.А., Куркин С.А., Винокуров В.А. Сварные конструкции. Прочность сварных соединений и деформации конструкций. -М.: Высш.шк., 1981. - 272 с. Текст: печатный//— URL: <http://biblio.dahlniver.ru/>
3. Винокуров В.А., Григорьянц А.Г. Теория сварочных деформаций и напряжений'. - М.: Машиностроение, 1984, - 280 с. Текст: печатный//— URL: <http://biblio.dahlniver.ru/>

б) Дополнительная литература

4. Винокуров В.А. Отпуск сварных конструкций для снижения напряжений. - М.: Машиностроение, 1973. - 215 с.
5. Гедрович А. И. Пластическая деформация при сварке. – Луганск: Изд-во ВУГУ, 1998, -287 с. Текст: печатный//— URL: <http://biblio.dahlniver.ru/>
6. Гедрович А. И., Жидков А. Б. Ресурсосберегающие методы регулирования деформаций и напряжений в сварных металлоконструкциях. Луганск.:

Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2003, -96 с. Текст: печатный//— URL: <http://biblio.dahluniver.ru/>

7. Сагалеви́ч В.М. Методы устранения сварочных деформаций и напряжений. - М.: Машиностроение, 1974. - 248 с. Текст: печатный//— URL: <http://biblio.dahluniver.ru/>

в) методические указания

1. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Сварочные напряжения и деформации» (для студентов, обучающихся по направлению 15.03.01 Машиностроение, профиль – «Оборудование и технология сварочного производства») / Сост. М.И. Черноморов. – Луганск: Изд-во Луг. нац. ун-та, 20___. - __с

г) Интернет-ресурсы:

Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

ГОСТы и стандарты – <https://standartgost.ru/>

Союз сварщиков России – <https://сварщики-россии.рф/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Сварочные напряжения и деформации» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Лекционные занятия: демонстрационный материал; аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Лабораторные занятия: оборудование в лаборатории кафедры «ОМДиС»:

Тензометрический цифровой мост ЦТМ-5; машина разрывная; механические деформетры; модель фермы моста для определения распределения нагрузки в элементах фермы; модели для исследования распределения напряжения в швах: стыковые с полным проплавлением, с непроваром стыка, нахлесточные, крестовые, 4 стенд для изучения распределения нагрузок в двутавровых и коробчатых балках; стенд для моделирования временных и остаточных напряжений при наплавке валика на кромку полосы металла; измеритель остаточных напряжений «ИОН-4М».

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет, рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с

доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт

оценочных средств по учебной дисциплине

«Напряжения и деформации при сварке»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые Темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ПК-4	ПК-4 Способен осуществлять контроль соблюдения основных параметров сварочного произ-	ПК-4.1. Знать: требования нормативов времени сварочных работ, расхода свариваемых и	Тема 1. Введение. Теория деформаций и напряжений.	6

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые Темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
		водства и обеспечивать требования технологического процесса для достижения качества выпускаемых изделий; методы и средства испытаний и контроля качества изделий машиностроения.	сварочных материалов; ПК-4.2 Уметь: анализировать причины основных видов дефектов сварных соединений и предлагает корректирующие мероприятия по их устранению; ПК-4.3 Владеть: методами определений основных технических характеристик сварочного оборудования и проводит верификацию исполнительной документации испытательных лабораторий по контролю качества сварных конструкций.	Тема 2. Моделирование термомеханических процессов при сварке.	6
				Тема 3. Определение сварочных деформаций и напряжений.	6
				Тема 4. Экспериментальные методы определения сварочных деформаций и напряжений. Моделирование сварочных напряжений и деформаций.	6
				Тема 5. Результаты исследования сварочных деформаций и напряжений.	6
				Тема 6. Распределение временных деформаций в пластине.	6
				Тема 7. Определение перемещения и деформации конструктивных элементов при сварке.	6
				Тема 8. Деформации балочных конструкций от продольных и поперечных швов.	6
				Тема 9. Влияния сварочных деформаций, напряжений и перемещений.	6
				Тема 10. Примеры разрушений при эксплуатации сварных соединений.	6
				Тема 11. Рациональное проектирование.	6
				Тема 12. Термиче-	6

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые Темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
				ская обработка.	
				Тема 13. Измерение сварочных напряжений, деформаций и перемещений.	6
				Тема 14. Оборудование для измерения сварочных напряжений, деформаций и перемещений.	6

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-4 Способен осуществлять контроль соблюдения основных параметров сварочного производства и обеспечивать требования технологического процесса для достижения качества выпускаемых изделий; методы и средства испытаний и контроля качества изделий машиностроения.	ПК-4.1. Знать: требования нормативов времени сварочных работ, расхода свариваемых и сварочных материалов; ПК-4.2 Уметь: анализировать причины основных видов дефектов сварных соединений и предлагает корректирующие мероприятия по их устранению; ПК-4.3 Владеть: методами определений основных технических характеристик сварочного оборудования и проводит верификацию исполнительной документации испытательных лабораторий по контролю качества	Знать: основные положения и понятия сварки давлением; методы контроля качества изделий; методы исправления дефектных изделий; основные и вспомогательные материалы для различных способов сварки давлением; построение и принципы работы оборудования для сварки давлением. Уметь: оценить соответствие качества сварного соединения полученной с помощью сварки давлением техническим требованиям; назначить основные и вспомогательные материалы в случае необходимо-	Тема 1. Тема 2. Тема 3. Тема 4. Тема 5. Тема 6. Тема 7. Тема 8. Тема 9. Тема 10. Тема 11. Тема 12. Тема 13. Тема 14.	Вопросы для комбинированного контроля усвоения теоретического материала, задания по лабораторным работам, рефераты, индивидуальное задание, экзамен

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
		сварных конструкций.	сти для сварки давлением; выбрать типичное оборудование и назначать его для сварки давлением в зависимости от избранных режимов, выбрать прототип аппарата или установки для сварки давлением при отсутствии типичного, разработать функциональные (структурные) схемы соответствующих установок. Владеть: навыками логико-инструментарием для решения задач оценки качества сварного соединения; информацией о прогрессивном технологическом оборудовании для определения адекватных способов и методов решения задач.		

**Вопросы для комбинированного контроля усвоения
теоретического материала (устно или письменно):**

1. В чем сущность задачи теории упругости?
2. В чем заключается различие между теорией упругости и сопротивлением материалов?
3. Назовите гипотезы теории упругости и дайте им пояснения.
4. Для чего нужны гипотезы в теории упругости?
5. В чем сущность принципа Сан Венана?
6. В чем состоит закон парности касательных напряжений?
7. Какая площадка, проведенная через точку, называется главной?
8. Какие напряжения действуют на главной площадке?

9. Как обозначаются главные нормальные напряжения?
10. Что такое нумерованные оси координат?
11. Сколько главных площадок может быть проведено через точку в общем случае?
12. Как присваиваются индексы главным нормальным напряжениям в рассматриваемой точке?
13. Как определяются нормальные напряжения на площадках, где действуют максимальные касательные напряжения?
14. Как определяются максимальные касательные напряжения и в каких плоскостях они действуют?
15. Как определяется среднее нормальное напряжение в точке?
16. Запишите выражение для интенсивности напряжений в точке.
17. Как зависит касательное октаэдрическое напряжение от интенсивности напряжений в точке?
18. Какие возможны изменения элементов объема тела при его деформации под действием нагрузок?
19. Чем определяется изменение объема или формы элемента тела при его деформации?
20. Что называется относительной линейной деформацией в точке по данному направлению?
21. Что называется сдвигом в данной точке в плоскости линейных элементов?
22. В чем состоит смысл индексов в обозначениях сдвиговых деформаций?
23. Дайте графическую интерпретацию заданной сдвиговой деформации.
24. Что называется деформированным состоянием в точке тела?
25. Чем определяется деформированное состояние в точке тела?
26. Запишите физические уравнения (закон Гука) для объемного, плоского и линейного напряженных состояний.
27. В чем состоит отличие плоского напряженного состояния от плоского деформированного?
28. Покажите схематизированную зависимость предела текучести от температуры для низкоуглеродистых и низколегированных сталей.
29. Покажите диаграмму растяжения для идеального упругопластического тела.
30. Из каких составляющих состоит полная деформация в точке?
31. Действием каких факторов определяются слагаемые пластической деформации сжатия в стержне при нагреве его в интервале 500...600 °С (материал - сталь Ст3)?
32. Почему после охлаждения в стержне возникают остаточные напряжения?
33. Как доказать, что после охлаждения жестко закрепленного стержня остаточная упругая и пластические деформации равны по величине и обратно по знаку?
34. Как определить температуру нагрева жестко закрепленного стержня, при которой напряжения сжатия достигают величины предела текучести?

35. Как определить температуру жестко закрепленного стержня на стадии охлаждения, при которой напряжения растяжения в нем достигают предела текучести?
36. Чему равна величина пластической деформации сжатия в жестко закрепленном стержне при температуре 600 °С (материал - сталь Ст3)?
37. Каким зонам сварного соединения соответствуют крайние и средние полосы пластины с прорезами?
38. На каком основании принимается равенство полных деформаций в средней и крайних полосах пластины с прорезами?
39. Покажите зависимость от температуры упругих, пластических и полных деформаций в полосах пластины при нагреве и охлаждении средней полосы.
40. Запишите условие равновесия продольных внутренних усилий в пластине с прорезами.
41. Что является причиной образования остаточных продольных напряжений в полосах пластины с прорезами?
42. Почему в средней полосе пластины с прорезами при ее нагреве возникают напряжения сжатия?
43. Постройте диаграмму $\varepsilon - T$ для пластины с прорезами при $F_{\text{ср}} < F_{\text{кр}}$ или $F_{\text{ср}} > F_{\text{кр}}$.
44. Что означает соблюдение гипотезы плоских сечений для полных деформаций в полосах пластины?
45. Зависит ли величина остаточных напряжений в полосах пластины от предела текучести металла?
46. Покажите характер эпюры продольных напряжений в поперечном сечении сварного стыкового соединения на стадии нагрева в процессе сварки.
47. Какая область сварного соединения называется зоной пластических деформаций?
48. Покажите эпюру остаточных продольных пластических деформаций укорочения при сварке стыкового соединения, при нагреве кромки полосы (наплавка на кромку).
49. Протекают ли при сварке в сварном соединении пластические деформации удлинения в продольном по отношению к шву направлении?
50. Перечислите допущения, которые используются в расчетном методе Николаева.
51. В каком сечении рассматриваются деформации в расчетном методе Николаева?
52. Покажите эпюру максимальных продольных пластических деформаций укорочения, влияющих на формирование остаточных напряжений и деформации в соединении.
53. Какие допущения положены в основу расчетного метода Трочуна?
54. Запишите условия равновесия продольных внутренних усилий в сварном соединении по методу Трочуна.
55. Как определить реактивные напряжения сжатия в сварном соединении в соответствии с расчетным методом Трочуна?

56. Как определяется ширина зоны чисто пластических деформаций при сварке согласно методу Трочуна?
57. Зависит ли ширина зоны чисто пластических деформаций от размеров свариваемых пластин?
58. Как зависит ширина зоны пластических деформаций при сварке от ширины свариваемых пластин?
59. Что такое активная и реактивная силы при сварке?
60. Запишите условие равновесия продольных внутренних усилий в сварном соединении в соответствии с методом Трочуна.
61. Покажите эпюру остаточных пластических деформаций укорочения в сварном соединении в соответствии с расчетным методом Трочуна.
62. Запишите формулу для определения объема продольного укорочения при сварке, если известно распределение остаточных продольных пластических деформаций укорочения в поперечном сечении сварного соединения.
63. Покажите эпюры продольных напряжений в различных поперечных сечениях сварного соединения ограниченных размеров, сваренного в абсолютно жестком приспособлении.
64. В чем состоит особенность распределения продольных напряжений в соединении ограниченных размеров при сварке в абсолютно жестком приспособлении по мере приближения рассматриваемого сечения к торцам соединения?
65. Покажите эпюру поперечных напряжений на оси шва в соединении ограниченных размеров. Как изменяется эта эпюра по мере увеличения длины соединения при постоянной ширине или при изменении ширины соединения при постоянной длине?
66. Как и почему влияет жесткость приспособления на величину остаточных напряжений в сварном соединении ограниченных размеров? В каких случаях влияние приспособления сказывается мало?
67. Почему при продольном растяжении сварного соединения после сварки происходит снижение остаточных напряжений?
68. Как влияет на изменение остаточных напряжений в сварном соединении равномерное продольное сжатие?
69. Какие виды напряженного состояния могут быть в сварных соединениях?
70. Какова связь между упругими деформациями и напряжениями при линейном, плоском и объемном напряженных состояниях?
71. Возможно ли с помощью экспериментальных методов непосредственно определить компоненты напряженного состояния?
72. Какие методы применяются для экспериментального определения напряжений?
73. В чем состоит сущность механических методов определения напряжений?
74. Для чего необходимо производить разрезку сварного соединения при определении в нем остаточных напряжений?
75. Как зависит точность определения остаточных напряжений экспериментальным путем от размера базы измерения?

76. В каких случаях при определении остаточных напряжений можно использовать большие базы измерения?
77. Что такое база измерения и как она подготавливается в зависимости от вида напряженного состояния?
78. Опишите методику экспериментального определения напряжений в зоне сварного соединения, в которой происходили только упругие деформации.
79. Опишите методику экспериментального определения напряжений в зоне сварного соединения, в которой происходили только упругопластические деформации.
80. Как происходит учет влияния на изменение длины базы измерения деформации, вызванной изгибом?
81. Приведите принципиальную схему механического деформометра и опишите его работу.
82. Перечислите типы преобразователей деформации, применяемых в конструкциях механических деформометров.
83. Приведите схему емкостного преобразователя деформации и опишите его работу.
84. Опишите принцип работы индуктивного преобразователя деформаций.
85. В чем состоит сущность электротензометрических методов измерения деформаций?
86. Что такое тензорезистор и каков принцип его работы?
87. Приведите типы тензорезисторов.
88. Из каких составных элементов состоит проволоочный тензорезистор?
89. Из какого материала изготавливают чувствительный элемент с решеткой проволоочного тензорезистора?
90. В чем состоит отличие фольгового тензорезистора от проволоочного?
91. В каких случаях необходимо применять полупроводниковые тензорезисторы и почему?
92. Опишите методику монтажа тензорезисторов.
93. Какие измерительные схемы применяются для измерения сопротивления тензорезистора?
94. В чем состоит принцип работы мостовой схемы измерения сопротивления?
95. В скольких направлениях в общем случае необходимо измерить деформации в точке при определении всех компонент объемного напряженного состояния?
96. В скольких направлениях необходимо измерить деформации в точке для определения компонент объемного напряженного состояния, если направление главных осей известно?
97. В чем состоит метод глубоких сверлений для определения трехосных напряжений?
98. В чем состоит методика измерения трехосных напряжений «методом отверстий»?
99. На каком физическом явлении основан магнито-упругий метод определения напряжений?
100. Для каких материалов можно применять магнито-упругий метод определения напряжений?

101. Как определить значения напряжений при применении магнито-упругого метода?
102. Из какого материала изготавливают модели для определения напряжений поляризационно-оптическим методом?
103. На каком физическом явлении основан поляризационно-оптический метод?
104. Измерение каких деформаций необходимо произвести для определения величины внутренней деформации при сварке?
105. Опишите методику измерения полных деформаций при сварке.
106. Опишите методику определения остаточных продольных пластических деформаций укорочения.
107. Приведите классификацию сварочных деформаций.
108. Что представляет собой деформация продольного укорочения и каковы причины ее образования? Дайте определение продольной усадочной силы.
109. Докажите, что
$$P_{yc}^{np} = \delta E \int_{-b_n}^{b_n} \varepsilon'(x) dx.$$
110. Зависит ли величина продольной усадочной силы от режима сварки и размеров сварного соединения?
111. В каких случаях возникает усадочная сила от поперечной усадки и как она определяется?
112. Запишите формулу для определения продольного укорочения при сварке продольного стыкового шва.
113. Что представляет собой деформация поперечного укорочения и каковы причины ее образования?
114. Дайте определение поперечной усадочной силы P_{yc}^{non} и запишите формулы для ее определения.
115. Как влияет скорость сварки на поперечное укорочение?
116. Как влияет зазор на величину поперечного укорочения?
117. Зависит ли поперечное укорочение от режима сварки и размеров свариваемых пластин?
118. Как учитывается жесткость закрепления сварного соединения на поперечное укорочение при сварке встык?
119. Что представляет собой деформация изгиба и каковы причины ее образования?
120. Определите прогиб при сварке встык двух пластин различной ширины.
121. Какова методика определения деформации изгиба сварного соединения с несколькими швами?
122. В каких случаях образуется деформация изгиба сварного соединения в двух плоскостях?
123. В чем заключаются основные причины образования угловой деформации при сварке?
124. Какими составляющими определяется угловая деформация при сварке тавровых соединений?
125. Как зависит угловая деформация от относительной глубины привара?
126. Как зависит угловая деформация от скорости сварки?

127. Чем отличается угловая деформация при выполнении углового и стыкового швов?
128. Как определяется угловая деформация при многопроходной стыковой сварке?
129. Какое влияние оказывает количество проходов на величину угловой деформации?
130. В чем состоит явление потери устойчивости?
131. Какие элементы сварных конструкций подвержены деформации потери устойчивости?
132. Запишите в общем виде условие устойчивости.
133. В чем состоит решение сварочной задачи о потере устойчивости?
134. От чего зависит жесткость закрепления кромок листового элемента и как она учитывается при определении критического значения напряжения?
135. Какова причина образования деформации скручивания и при сварке каких конструкций она встречается?
136. Какой величиной характеризуется деформация скручивания и от каких параметров она зависит?
137. Запишите формулы для определения продольного укорочения и максимального прогиба балки от сварки продольных швов.
138. Покажите на рисунке остаточную деформацию узкой полосы после нагрева одной из продольных кромок.
139. Какую деформацию будут иметь две половины сварного соединения после разрезки его по оси шва на две части?
140. Какую продольную деформацию будет иметь зона остаточных пластических деформаций сварного стыкового соединения после ее вырезки из соединения?
141. В результате действия каких сил образуется деформация при сварке кольцевых швов цилиндрических обечаек?
142. Какие деформации образуются при сварке продольных швов тонкостенных цилиндрических обечаек?
144. На каком принципе основаны мероприятия по снижению сварочных деформаций и напряжений?
145. На каких этапах изготовления сварной конструкции можно снижать сварочные деформации и напряжения?
146. Назовите возможные пути уменьшения площади эпюры остаточных пластических деформаций укорочения в процессе сварки.
147. Каким образом можно уменьшить площади эпюры остаточных пластических деформаций укорочения после сварки?
148. Как влияет ширина базы закрепления продольных кромок свариваемых листов на величину поперечных напряжений?
149. Какие мероприятия обеспечивают снижение угловой деформации при сварке стыкового и тавровых соединений?
150. Какова причина сварочных деформаций в плоскости свариваемых листов?
151. Назовите методы, предупреждающие образование сварочных деформаций и напряжений.
152. Назовите методы, устраняющие сварочные деформации и напряжения.

153. Как влияет изменение удельной тепловой энергии при сварке на площадь эпюры остаточных пластических деформаций укорочения?
154. Достигается ли снижение остаточных сварочных напряжений в сварном шве при применении концентрированных источников нагрева?
155. В результате чего происходит уменьшение площади эпюры остаточных пластических деформаций укорочения?
156. Как влияет уменьшение ширины шва на остаточные сварочные напряжения?
157. Почему при уменьшении ширины шва снижаются остаточные продольные деформации укорочения?
158. Почему при сварке концентрированным источником теплоты снижаются угловые деформации?
159. Назовите способы сварки с концентрированным источником нагрева. В чем сущность сварки с теплоотводом?
160. Как изменяется характер распределения максимальных температур в поперечном сечении сварного соединения при сварке с теплоотводом? Можно ли снизить величину остаточных продольных напряжений в сварном шве при сварке с теплоотводом?
161. Почему при сварке с теплоотводом уменьшается площадь эпюры остаточных пластических деформаций укорочения?
162. От чего зависит эффективность применения теплоотвода?
163. В каком случае применение теплоотвода может привести к снижению угловой деформации?
164. В чем состоит сварка с предварительным растяжением?
165. Опишите механизм уменьшения ширины зоны остаточных пластических деформаций укорочения при сварке с предварительным растяжением.
166. Приведите схемы предварительного растяжения при сварке встык.
167. Опишите механизм снижения остаточных продольных напряжений при сварке встык пластин с предварительным растяжением.
168. Как изменяется эпюра остаточных продольных напряжений при сварке с предварительным растяжением?
169. Какие остаточные напряжения оказывают основное влияние на выбор величины предварительного растяжения?
170. Каким должно быть предварительное растяжение, чтобы после сварки отсутствовали остаточные продольные напряжения?
171. Какие факторы влияют на эффективность снижения остаточных продольных напряжений при сварке с предварительным растяжением?
172. Опишите методику определения необходимой силы растяжения нагрузочного устройства при сварке с предварительным растяжением.
173. Приведите схему сварки с предварительным растяжением встык тонкостенных цилиндрических оболочек.
174. Приведите схему сварки фланцев в сферические оболочки с предварительным растяжением.
175. Приведите примеры сварки с предварительным растяжением.
176. Какие деформации можно снизить с помощью метода компенсации?

177. Какие мероприятия необходимо предусматривать при применении метода компенсации?
178. Как должны быть расположены сварные швы, чтобы после сварки конструкция имела минимальные деформации изгиба?
179. Как влияет последовательность выполнения поясных швов сварной двутавровой балки на ее остаточный прогиб?
180. Как должны взаимно располагаться две пластины при сварке встык, чтобы угловая деформация после сварки отсутствовала?
181. В результате чего при сварке в зажимных приспособлениях снижаются остаточные деформации и напряжения?
182. Приведите эпюру остаточных продольных пластических деформаций укорочения после сварки в зажимных приспособлениях.
183. Как изменяется эпюра остаточных продольных напряжений при сварке в зажимных приспособлениях?
184. Какова эффективность снижения деформаций при сварке в зажимных приспособлениях.
185. В чем заключается метод снижения деформаций и напряжений с помощью статического нагружения?
186. Опишите механизм снижения остаточных деформаций и напряжений при статическом нагружении сварного соединения.
187. Какова должна быть величина напряжений от статического нагружения, чтобы достигнуть полного устранения сварочных деформаций и напряжений?
188. В чем состоит сущность способа снижения сварочных деформаций и напряжений прокаткой роликами сварного соединения?
189. От каких параметров режима прокатки роликами зависит эффективность снижения остаточных деформаций и напряжений?
190. Приведите схемы прокатки роликами сварных соединений. В чем состоит способ вибрационной обработки сварных соединений?
191. Какова должна быть сумма остаточных и вибрационных напряжений, чтобы было снижение напряжений?
192. Опишите механизм снижения напряжений при вибрационной обработке сварных соединений.
193. Какой вид термической обработки применяется для снижения напряжений.
194. Назовите стадии отпуска для снижения напряжений.
195. В чем состоит первая стадия отпуска?
196. Опишите процессы, происходящие на первой стадии отпуска.
197. В результате чего происходит снижение напряжений при отпуске на стадии нагрева?
198. В чем состоит третья стадия отпуска?
199. Приведите схему снижения напряжений при отпуске.
200. На какой стадии отпуска происходит наибольший спад напряжений?
201. Опишите процесс снижения деформаций при термообработке.
202. В чем состоит сущность термической правки сварных балок?
203. На основании чего выбираются места нагрева при термической правке балок?

204. Опишите методику определения требуемой площади и удельной энергии нагрева при термической правке.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству –
комбинированный контроль усвоения теоретического материала

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответ дан на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
4	Ответ дан на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)
3	Ответ дан на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)
2	Ответ дан на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

Задания по лабораторным работам:

1. Изучение приборов для измерения деформаций и напряжений.
2. Собственные напряжения при сварке.
3. Исследование уровня остаточных сварочных напряжений в прямолинейных сварных швах методом расчленения.
4. Исследование временных деформаций при наплавке валика на кромку пластины.
5. Исследование механизма образования угловых деформаций.
6. Исследование продольных и поперечных упрочнений при сварке пластин.
7. Определение «активной зоны» в сварных соединениях по полосам текучести.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству –
задания по лабораторным работам

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
зачтено	Ответ дан на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
незачтено	Ответ дан на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

Индивидуальное задание

Студенту выдается эскиз сварной конструкции с указанием швов, режимов сварки, габаритных размеров соединяемых элементов и марки свариваемого материала.

Цель выполнения индивидуального задания:

1. Рассчитать общие сварочные остаточные деформации: продольное и поперечное укорочение, угловую деформацию, потерю устойчивости и т.д.
2. Построить эпюры остаточных напряжений вдоль и поперек шва и рассчитать их.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству –
Индивидуальное задание

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
зачтено	Ответ дан на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
незачтено	Ответ дан на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

Вопросы к экзамену

1. Свойства металлов при высоких температурах.
2. Влияние деформаций, напряжений и перемещений на качество сварных конструкций.
3. Методика расчета деформаций листовых конструкций от поперечных и продольных швов.
4. Методы уменьшения остаточных деформаций сварных балочных металлоконструкций.
5. ультразвуковой метод определения остаточных напряжений.
6. Определение устойчивости плоского круглого днища, приваренного к тонкостенной обечайке.
7. Способы снижения и устранения остаточных напряжений, применение.
8. Определение в процессе сварки остаточных напряжений при трехосном напряженном состоянии.
9. Продольное укорочение конструкций с протяженными и поперечными швами.
10. Управление образованием сварочных деформаций путем регулирования теплового.
11. Воздействия. Градиентные методы обработки.
12. Перемещения и деформации в тонкостенных цилиндрических оболочках при сварке.
13. Причины и механизмы образования «активной» зоны.
14. Эффект закрытия зазора при электрошлаковой сварке.
15. Механические методы определения остаточных деформаций и напряжений.
16. Конструктивные методы регулирования деформаций и напряжений.
17. Термомеханический метод регулирования напряжений.
18. Тензометрический метод определения остаточных напряжений.
19. Деформации и перемещения, наблюдаемые в оболочковых конструкциях.
20. Определение остаточных напряжений при одноосном напряженном состоянии.
21. Методы борьбы с угловыми деформациями.
22. Закономерности пластической деформации при плоском напряженном состоянии.

23. Неравномерная по толщине усадка и угловое перемещение.
24. Методика расчета деформаций балочных конструкций от продольных швов.
25. Управление напряженно-деформированным состоянием соединений при помощи прокатки роликами.
26. Методы регулирования деформаций и напряжений, применяемые до сварки.
27. Виды деформаций и перемещений, возникающих в сварных конструкциях.
28. Определение остаточных напряжений при двухосном напряженном состоянии.
29. Тензометрический метод оценки остаточных напряжений.
30. Деформации при нагреве стержня жестко закрепленного.
31. Управление напряженно-деформированным состоянием соединений при помощи проковки.
32. Сущность метода расчленения и схема его применения для оценки напряжений.
33. Методика расчета перемещений листовых конструкций от угловых деформаций.
34. Механизм изменения размеров сварных конструкций в процессе правки газовыми горелками.
35. Магнитоупругий метод определения остаточных напряжений.
36. Остаточные напряжения в соединениях с кольцевыми швами.
37. Характер отпуса распределения остаточных напряжений в пластинах из материалов, претерпевающих структурные превращения при сварке.
38. Методы борьбы с образованием домиков при сварке листов.
39. Физические методы определения деформаций и напряжений.
40. Методы устранения искажений форм и размеров сварных конструкций, применяемых после сварки.
41. Анализ деформационных процессов при нагреве и охлаждения стержня.
42. Продольная усадка и фиктивная усадочная сила.
43. Управление образованием остаточных деформаций путем создания деформаций обратного знака.
44. Деформации балочных конструкций от поперечных швов.
45. Закономерности распределения остаточных напряжений в сварных пластинах из легированных сталей.
46. Устранение деформаций термической правкой.
47. Образование деформаций и напряжений при наплавке валика на кромку.
48. Анализ пластической деформации в активной зоне по полосам текучести.
49. Методы уменьшения остаточных деформаций тонколистовых металлоконструкций.
50. Деформации 2 тавровых балок после сварки.
51. Применение вибрации для снижения и устранения сварочных напряжений.
52. Характер распределения остаточных напряжений в соединениях с многослойными швами.
53. Конструктивные методы обеспечения точности сварных конструкций.
54. Деформации тонкостенных оболочек с однопроходными кольцевыми швами.
55. Изменение механических и теплофизических свойств от температуры.
56. Применение отпуса для снижения и устранения сварочных напряжений.
57. Методы определения временных деформаций и напряжений при сварке.
58. Поперечные перемещения и неравномерная по толщине поперечная усадка.
59. Деформации тонкостенных оболочек с круговыми швами и методы их устранения.

60. Расчетные методы определения сварочных напряжений и способы их реализации.
61. Классификация сварочных напряжений и деформаций.
62. Методы определения собственных напряжений, возникающих при сварке.
63. Определение устойчивости тонкого листа, сваренного с круглым фланцем.
64. Моделирование процесса при нагреве стержня.
65. Классификация напряжений.
66. Деформации тонкостенных оболочек с продольными швами.
67. Методы рационального проектирования сварных конструкций с целью предупреждения вредного влияния сварки.
68. Перемещения и деформации, наблюдаемые при изготовлении сварных конструкций типов полотнищ.
69. Метод оценки напряженного состояния по распределению твердости.
70. Поперечные остаточные напряжения и технологические возможности их регулирования.
71. Регулирование деформаций приложением активных нагрузок.
72. Деформации листовых конструкций от неравномерного поперечного укорочения.
73. Угловая деформация при сварке.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – экзамен

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков

Дисциплина «Напряжения и деформации при сварке » предусматривает лабораторные занятия, индивидуальное задание и самостоятельную работу студентов.

Текущий контроль осуществляется в процессе проведения лабораторных занятий, выполнения индивидуального задания, используя приведенные выше способы оценивания освоения дисциплины по усмотрению преподавателя и в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины.

Промежуточный контроль осуществляется в соответствии с графиком учебного процесса в письменной форме.

Форма листа изменений и дополнений, внесенных в ФОС

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)