



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММиМ  
А.С. Савинов

03.03.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ ПРИ СВАРКЕ***

Направление подготовки (специальность)  
15.03.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ

Направленность (профиль/специализация) программы  
Оборудование и технология сварочного производства

Уровень высшего образования - бакалавриат  
Программа подготовки - академический бакалавриат

Форма обучения  
заочная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалобработки
Кафедра	Машины и технологии обработки давлением и машиностроения
Курс	4

Магнитогорск  
2021 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 03.09.2015 г. № 957)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Машины и технологии обработки давлением и машиностроения  
25.02.2021, протокол № 6

Зав. кафедрой  С.И. Платов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ  
03.03.2021 г. протокол № 4

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:  
доцент кафедры МиТОДиМ, канд. техн. наук  А.В. Ярославцев

Рецензент:  
доцент кафедры Механики, канд. техн. наук  М.В. Харченко

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Машин и технологии обработки давлением и

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Платов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Машин и технологии обработки давлением и

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Платов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Машин и технологии обработки давлением и

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Платов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Машин и технологии обработки давлением и

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Платов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Машин и технологии обработки давлением и

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Платов

### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Цели должны соответствовать компетенциям, формируемым в результате освоения дисциплины (модуля).

Целями освоения дисциплины (модуля) Остаточные напряжения и деформации при сварке являются: эффективное использование методов сварки, выбор режимов сварки с учетом напряжений, возникающих в заготовке; овладение достаточным уровнем общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 15.03.01 - МАШИНОСТРОЕНИЕ.

### 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Остаточные напряжения и деформации при сварке входит в вариативную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Химия

Начертательная геометрия и компьютерная графика

Безопасность жизнедеятельности

Технология конструкционных материалов

Теория машин и механизмов

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Производственная – преддипломная практика

Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты выпускной квалификационной работы

Контроль качества сварных соединений

Автоматические системы управления в сварочном производстве

Автоматизация сварочных процессов

### 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Остаточные напряжения и деформации при сварке» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	ПК-2 умением обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов
Знать	Технологические процессы сварки
Уметь	Моделировать технические объекты
Владеть	Навыками использования стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц 72 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 4,4 акад. часов;
- аудиторная – 4 акад. часов;
- внеаудиторная – 0,4 акад. часов;
- самостоятельная работа – 63,7 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

– подготовка к зачёту – 3,9 акад. час

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Тема 1								
1.1 Причины возникновения напряжений и деформаций при сварке	4	0,5	0,5/0,2И		15	Изучение литературы, подготовка конспекта, доклада, презентации или реферата. Подготовка к лабораторной работе.	Устный опрос. Защита лабораторной работы.	ПК-2
Итого по разделу		0,5	0,5/0,2И		15			
2. Тема 2								
2.1 Способы предупреждения напряжений и деформаций при сварке	4	0,5	0,5/0,2И		15	Изучение литературы, подготовка конспекта, доклада, презентации или реферата. Подготовка к лабораторной работе.	Устный опрос. Защита лабораторной работы.	ПК-2
Итого по разделу		0,5	0,5/0,2И		15			
3. Тема 3								
3.1 Способы устранения сварочных напряжений	4	0,5	0,5/0,2И		15	Изучение литературы, подготовка конспекта, доклада, презентации или реферата. Подготовка к лабораторной работе.	Устный опрос. Защита лабораторной работы.	ПК-2

Итого по разделу		0,5	0,5/0,2И		15			
4. Тема 4								
4.1 Способы устранения сварочных деформаций	4	0,5	0,5/0,2И		18,7	Изучение литературы, подготовка конспекта, доклада, презентации или реферата. Подготовка к лабораторной работе.	Устный опрос. Защита лабораторной работы.	ПК-2
Итого по разделу		0,5	0,5/0,2И		18,7			
Итого за семестр		2	2/0,8И		63,7		зачёт	
Итого по дисциплине		2	2/0,8И		63,7		зачет	ПК-2

## **5 Образовательные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины Остаточные напряжения и деформации при сварке применяются следующие образовательные и информационные технологии:

5.1. Используются наглядные пособия, натурные образцы сварочных материалов и образцы для механических испытаний наплавленного металла, технические средства обучения.

5.2. Используется оборудование для проведения цикла лабораторных работ: сварочное и наплавочное оборудование, станочное оборудование для изготовления образцов для механических испытаний наплавленного металла и сварного шва, оборудование для химического анализа наплавленного металла.

5.3. Используется оборудование электродного цеха ОАО «ММК-МЕТИЗ» для производства сварочных и наплавочных электродов и порошковых проволок.

5.4. Информационные технологии – обучение в электронной образовательной среде с целью расширения доступа к образовательным ресурсам, для чего при проведении отдельных занятий и организации самостоятельной работы студентов используются электронные версии курса лекций и расчетной работы.

5.5. Работа в команде – совместная деятельность студентов в группе при расчетах на практических и лабораторных занятиях, направленная на решение общей задачи путем сложения результатов индивидуальной работы членов группы.

5.6. Case-study - анализ реальных проблемных ситуаций, имевших место в соответствующей области профессиональной деятельности, и поиск вариантов лучших решений.

5.7. Междисциплинарное обучение – использование знаний из разных областей и их группировка в контексте решаемой задачи

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Михайлицын, С. В. Сварочные и наплавочные материалы : конспект лекций / С. В. Михайлицын, А. И. Беляев ; МГТУ, каф. [МиТОД]. - Магнитогорск, 2012. - 199 с.: ил., схемы, табл. –

URL:<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=547.pdf&show=dcatalogues/1/1096819/547.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

2. Михайлицын, С. В. Основы сварочного производства : учебное пособие / С. В. Михайлицын, М. А. Шекшеев, А. В. Ярославцев ; МГТУ. - Магнитогорск : [МГТУ], 2017. - 243 с. : ил., табл., схемы, граф., эскизы. –

URL:<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3270.pdf&show=dcatalogues/1/1137326/3270.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-0946-5. - Имеется печатный аналог.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Михайлицын, С. В. Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие / С. В. Михайлицын, М. А. Шекшеев, А. И. Беляев ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 203 с. : ил., диагр., табл. –

URL:<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1138.pdf&show=dcatalogues/1/1120707/1138.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-0607-5. - Имеется печатный аналог.

2. Контроль качества сварных и паяных соединений : учебное пособие / С. В. Михайлицын, М. А. Шекшеев, Д. В. Терентьев, Е. Н. Ширяева ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 113 с. : ил., табл., схемы. –

URL:<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3624.pdf&show=dcatalogues/1/1524690/3624.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-0627-3. - Имеется печатный аналог.

3. Шекшеев, М. А. Структура сварных соединений. Методы описания и анализа: лабораторный практикум / М. А. Шекшеев, А. Б. Сычков, С. В. Михайлицын ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. –

URL:<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2776.pdf&show=dcatalogues/1/1132914/2776.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

4. Смирнов И.В. Сварка специальных сталей и сплавов [Электронный ресурс]. – М.: Лань, 2012. – 272 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2771> - Загл. с экрана. – ISBN 978-5-8114-1247-1.

5. Квагинидзе В.С. Технология металлов и сварка [Электронный ресурс]. – М.: Горная книга, 2004. – 566 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/3221> - Загл. с экрана. – ISBN 978-5-7418-0348-2.

#### **в) Методические указания:**

1 Сварочные и наплавочные материалы: Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 150202 «Оборудование и технология сварочного производства». Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2013. 66 с.

2. Залилов, Р. В. Программа практической подготовки студентов : методические указания / Р. В. Залилов, И. В. Белевская, О. В. Зинина ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2012. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. -

URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1326.pdf&show=dcatalogues/1/1123606/1326.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

#### **г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

##### **Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно

##### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
----------------	--------

Информационная система - Нормативные правовые акты, организационно-распорядительные документы, нормативные и методические	<a href="https://fstec.ru/normotvorcheskaya/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii">https://fstec.ru/normotvorcheskaya/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>

### **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: лабораторный корпус с лабораторией сварки и лабораторией резания - Комплект печатных и электронных версий методических рекомендаций, учебное пособие, плакаты по темам Остаточные напряжения и деформации при сварке. Сварочные аппараты. Оборудование для изготовления наплавочной порошковой проволоки. Образцы наплавочных материалов;

Учебная аудитория для проведения лабораторных работ по наплавке - Комплект методических рекомендаций, учебное пособие, плакаты по темам Остаточные напряжения и деформации при сварке;

Учебная аудитория для проведения механических испытаний -

1. Машины универсальные испытательные на растяжение, сжатие, скручивание.
2. Мерительный инструмент.
3. Приборы для измерения твердости по методам Бринелля и Роквелла.
4. Микротвердомер.
5. Печи термические.

Учебная аудитория для проведения металлографических исследований -  
Микроскопы МИМ-6, МИМ-7;

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации - Доска, мультимедийный проектор, экран;

Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования, помещения для самостоятельной работы обучающихся - Персональные компьютеры с пакетом MS Office и выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования - Стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования

Инструменты для ремонта лабораторного оборудования

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

### **Контрольные вопросы к зачету:**

1. Теория сварочных деформаций и напряжений и значение
2. Классификация сварочных деформаций и напряжений
3. Причины вызывавшие деформация и напряжения при сварке
4. Остаточные деформации и перемещения от продольных швов
5. Приближенное построение эпюр остаточных деформаций и напряжений от продольного шва
6. Деформации и перемещения от ряда продольных швов 169
7. Временные деформации и напряжения от продольного шва
8. Деформации и напряжения в балках от поперечных швов
9. Методика определения деформаций и перемещений в балках от продольных и поперечник швов
10. Примеры расчета общих сварочных деформаций балочных конструкций
11. Деформации при сварке секций и корпуса судна
12. Пример расчета общих сварочных деформаций типовой секции
13. Разновидности местных деформаций
14. Кинетика образования и величина угловых сварочных деформаций
15. Деформации элементов из плоскости, вызываемые угловыми деформациями сварных соединений
16. Деформации элементов из плоскости вследствие потери устойчивости
17. Математическая модель для оценки кинетики сварочных деформаций и напряжений
18. Зависимость между напряжениями а упругими деформациями
19. Условие возникновения и развития пластических деформаций
20. Зависимость между пластическими деформациями и напряжениями
21. Описание граничных условий и возмущающих факторов
22. Методы реализации математической модели
23. Учет истории нагружения
24. Реализация физической и геометрической нелинейности
25. Алгоритм решения задачи об одномерном напряженном состоянии
26. Алгоритм решения задачи о сложном напряженном состоянии
27. Плоское напряженное состояние
28. Плоская деформация
29. Осесимметричное напряженное состояние
30. Решение линеаризованной задачи методом конечных элементов

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа студентов на практических занятиях осуществляется под контролем преподавателя в виде решения задач и выполнения упражнений, которые определяет преподаватель для студента.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде чтения с проработкой материала и выполнения домашних заданий с консультациями преподавателя.

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-2: умением обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов		
Знать	Технологические процессы сварки	<p>Вопросы к зачету</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Теория сварочных деформаций и напряжений и значение</li> <li>2. Классификация сварочных деформаций и напряжений</li> <li>3. Причины вызывавшие деформация и напряжения при сварке</li> <li>4. Остаточные деформации и перемещения от продольных швов</li> <li>5. Приближенное построение эпюр остаточных деформаций и напряжений от продольного шва</li> <li>6. Деформации и перемещения от ряда продольных швов 169</li> <li>7. Временные деформации и напряжения от продольного шва</li> <li>8. Деформации и напряжения в балках от поперечных швов</li> <li>9. Методика определения деформаций и перемещений в балках от продольных и поперечник швов</li> </ol>
Уметь	Моделировать технические объекты	<ol style="list-style-type: none"> <li>10. Примеры расчета общих сварочных деформаций балочных конструкций</li> <li>11. Деформации при сварке секций и корпуса судна</li> <li>12. Пример расчета общих сварочных деформаций типовой секции</li> <li>13. Разновидности местных деформаций</li> <li>14. Кинетика образования и величина угловых сварочных деформаций</li> <li>15. Деформации элементов из плоскости, вызываемые угловыми деформациями сварных соединений</li> <li>16. Деформации элементов из плоскости вследствие потери устойчивости</li> <li>17. Математическая модель для оценки кинетики сварочных деформаций и напряжений</li> <li>18. Зависимость между напряжениями а упругими деформациями</li> </ol>

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

**Промежуточная аттестация** включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета, защиты курсового проекта и экзамена.

**Показатели и критерии оценивания зачета:**

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

- «зачтено» – обучаемый должен показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

- «не зачтено» – обучаемый не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.