

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1159652	Методы решения инженерных задач при сварке

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Разработка материалов для сварки, наплавки и напыления	Код ОП 1. 15.04.01/33.02
Направление подготовки 1. Машиностроение	Код направления и уровня подготовки 1. 15.04.01

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Бузорина Дарья Сергеевна	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	технологии сварочного производства
2	Коробов Юрий Станиславович	доктор технических наук, без ученого звания	Профессор	технологии сварочного производства

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Методы решения инженерных задач при сварке

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль состоит из двух дисциплин: «Инженерные расчеты сварных конструкций» и «Способы расчета сварочных задач». В ходе изучения дисциплины «Инженерные расчеты сварных конструкций» рассматриваются следующие вопросы: энергетические характеристики сварочных источников теплоты, теплофизические свойства металлов, физические основы передачи теплоты, основные модели поведения материалов при деформировании в процессе сварки, классификация и современные схемы реализации математических моделей тепловых полей при сварочных процессах, тепловые процессы и фазовые превращения. Дисциплина «Способы расчета сварочных задач» посвящена избранным разделам математики, применяемым при решении сварочных задач. Дисциплина формирует способность решать тепловые, деформационные, гидродинамические и прочностные задачи аналитическими и численными методами на современном уровне с углубленным пониманием математического аппарата.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Инженерные расчеты сварных конструкций	3
2	Способы расчета сварочных задач	3
ИТОГО по модулю:		6

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3

<p>Инженерные расчеты сварных конструкций</p>	<p>ОПК-2 - Способен самостоятельно ставить, формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа</p>	<p>З-2 - Характеризовать сферы применения и возможности пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Использовать методы моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Решать самостоятельно сформулированные практические задачи, относящиеся к профессиональной деятельности методами моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ</p> <p>Д-1 - Проявлять ответственность и настойчивость в достижении цели</p>
<p>Способы расчета сварочных задач</p>	<p>ОПК-2 - Способен самостоятельно ставить, формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа</p>	<p>З-1 - Сделать обзор основных методов моделирования и математического анализа, применимых для формализации и решения задач профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Самостоятельно сформулировать задачу области профессиональной деятельности, решение которой требует использования методов моделирования и математического анализа</p> <p>П-1 - Решать самостоятельно сформулированные практические задачи, относящиеся к профессиональной деятельности методами моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ</p> <p>Д-1 - Проявлять ответственность и настойчивость в достижении цели</p>
	<p>ПК-9 - Способность применять методы расчета при проектировании машин, электроприводов, гидроприводов, оборудования и производственных</p>	<p>З-2 - Объяснять основные понятия теории автоматического регулирования, содержания и порядка анализа систем автоматического регулирования и основы и принципы моделирования процессов в технических системах.</p> <p>У-2 - Применять физико-математические методы для проектирования изделий и технологических процессов в</p>

	объектов, деталей и узлов машиностроения	машиностроении с применением стандартных программных средств П-3 - Разрабатывать в соответствии с заданием модели процессов, явлений и объектов в области сварки
--	--	---

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной и заочной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Инженерные расчеты сварных конструкций

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Коробов Юрий Станиславович	доктор технических наук, без ученого звания	Профессор	технологии сварочного производства

Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий

Протокол № 20220422-01 от 22.04.2022 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Коробов Юрий Станиславович, Профессор, технологии сварочного производства**

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Сварочные деформации и напряжения.	Сварочные деформации и напряжения. Цели изучения. Классификация и основные термины. Причины возникновения. Упругие и пластические деформации, их характеристики и физический смысл. Этапы определения сварочных деформаций и напряжений, термомеханическая и деформационная задачи. Схема образования упругих и пластических деформаций в сварных соединениях (стержень и пластина). Принципы расчета сварных конструкций по допускаемым напряжениям и по предельному состоянию.
P2	Энергетические характеристики сварочных источников теплоты	Энергетические характеристики сварочных источников теплоты: температура, плотность мощности, радиальное распределение, тепловой баланс, тепловая эффективность (газовое пламя, дуга, плазменная дуга, лазерный луч, электрошлаковая ванна, контактная сварка, сварка трением с перемешиванием).
P3	Теплофизические свойства металлов.	Теплофизические свойства металлов. Основные понятия. Стали, алюминиевые сплавы, титановые сплавы, медные сплавы, никель, магний.

P4	Физические основы передачи теплоты при сварке	Принципы расчета тепловых процессов при сварке, основные понятия, закон Фурье, дифференциальное уравнение теплопроводности, начальные и граничные условия. Схемы источников теплоты. Схематизация нагреваемых тел
P5	Методы расчета тепловых процессов	Аналитические методы, общее понятие: метод источников (метод функций Грина), метод разделения переменных (метод Фурье), метод интегральных преобразований Лапласа. Численные методы: метод конечных разностей, метод конечных элементов.
P6	Учет фазовых превращений в металле при оценке сварочных деформаций и напряжений	Влияние термических циклов на микроструктуру и механические свойства сварного соединения. Время охлаждения металла при дуговой сварке. Зоны сварного соединения. Микроструктура зон сварного соединения металла при однопроходной сварке и многопроходной сварке. Влияние фазовых превращений на механические свойства металла. Влияние фазовых превращений на кинетику напряжений. Остаточные напряжения и деформации при учете фазовых превращений

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Инженерные расчеты сварных конструкций

Электронные ресурсы (издания)

1. , Иванов, К. М.; Прикладная теория пластичности : учебное пособие.; Политехника, Санкт-Петербург; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=124322> (Электронное издание)
2. , Иванов, , К. М.; Прикладная теория пластичности : учебное пособие.; Политехника, Санкт-Петербург; 2016; <http://www.iprbookshop.ru/59486.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Николаев, Г. А., Винокуров, В. А., Куркин, С. А.; Сварные конструкции. Прочность сварных сооружений и деформации конструкций : Учеб. пособие для вузов.; Высш. шк., Москва; 1982 (46 экз.)
2. , Куркин, С. А., Ховов, В. М.; Компьютерное проектирование и подготовка производства сварных конструкций : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. дипломиров. специалистов "Машиностроит. технологии и оборудование", специальности "Оборудование и технология сварочного производства".; Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва; 2002 (25 экз.)
3. Малинин, Н. Н.; Прикладная теория пластичности и ползучести : Учеб. пособие для студ. машиностроит. спец. вузов.; Машиностроение, Москва; 1975 (6 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

<http://lib.urfu.ru/> – зональная научная библиотека УрФУ.

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Инженерные расчеты сварных конструкций

Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	не требуется
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	не требуется

4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	не требуется
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	не требуется

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Способы расчета сварочных задач

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Бузорина Дарья Сергеевна	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	технологии сварочного производства

Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий

Протокол № 20220422-01 от 22.04.2022 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Бузорина Дарья Сергеевна, Доцент, технологии сварочного производства

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Матрицы, основные операции над матрицами и их свойства	Сложение и вычитание матриц; Умножение матрицы на число; Произведение двух матриц; Транспонированная матрица; Некоторые свойства операций над матрицами; Определитель матрицы
P2	Элементы дифференциального и интегрального исчисления	Непрерывность функции; Производные; Дифференциал и полная производная функций нескольких переменных; Производная обратной функции; Производная по направлению. Градиент; Определенный интеграл (интеграл Римана) и элементы векторного анализа (Свойства интегралов; Кратные интегралы; Криволинейные интегралы; Понятие поверхностного интеграла; Понятия дивергенции и ротора. Оператор Лапласа;

		<p>Понятие циркуляции вектора. Формула Грина; Формула (теорема) Остроградского-Гаусса)</p>
P3	Элементы вариационного исчисления	<p>Примеры вариационных задач (Задача о брахистохроне; Задача о геодезических линиях, Дидоны)</p> <p>Понятие функционала (Линейный функционал; Непрерывность функционала; Вариации функционала)</p> <p>Уравнение Эйлера (Частные случаи интегрируемости уравнения Эйлера)</p> <p>Задача о наименьшей поверхности вращения</p> <p>Решение задачи о брахистохроне</p>
P4	Тензоры	<p>Векторы (Элементы векторной алгебры; Переход к другим координатам; Длина вектора в прямоугольных координатах; Скалярное произведение);</p> <p>Базовые понятия тензорного исчисления (Ковариантность и контрвариантность; Правило Эйнштейна; О ковариантных векторах; Тензоры; Запись тензорных выражений; Тензорные операции. Произведение; Свертка; Инвариантность тензора; Метрический тензор; Упрощение тензора; Свойства метрического тензора; Единичный тензор; Приведение симметричного тензора II-ранга к диагональному виду);</p> <p>Тензор момента инерции (Общие понятия о моменте инерции; Определение компонент тензора инерции, его собственные значения и собственные векторы);</p> <p>Тензор напряжений;</p> <p>Тензор упругости;</p> <p>Тензор деформации</p>
P5	Закон Гука	<p>Однородная деформация;</p> <p>«Косое» напряжение;</p> <p>Дифференциальное уравнение изогнутой оси упругой балки;</p> <p>Устойчивость сжатого стержня. Формула Эйлера</p>
P6	Вариационные принципы механики	<p>Общее уравнение динамики (принцип Даламбера-Лагранжа);</p> <p>Принцип Гамильтона-Остроградского;</p> <p>Виртуальная работа. Обобщенные силы;</p> <p>Уравнения Лагранжа II рода</p>

<p>P7</p>	<p>Дифференциальные уравнения, используемые при решении сварочных задач</p>	<p>Уравнение неразрывности (сплошности) потока (Закон Ньютона для внутреннего трения в жидкости (закон вязкости); Основные характеристики потока жидкости; Краткий вывод уравнения неразрывности (сплошности) потока);</p> <p>Дифференциальные уравнения движения Эйлера;</p> <p>Уравнение движения Навье-Стокса;</p> <p>Уравнение Бернулли;</p> <p>Уравнение теплопроводности (Теплофизические свойства металлов; Вывод уравнения теплопроводности);</p> <p>Уравнение колебания струны;</p> <p>Уравнения Максвелла</p>
<p>P8</p>	<p>Метод конечных разностей (МКР)</p>	<p>Сетки и сеточные функции (Построение сеток для различных задач; Сеточные функции и действия над ними);</p> <p>Понятия аппроксимации, погрешности и сходимости в МКР;</p> <p>Аппроксимация простейших дифференциальных операторов;</p> <p>Явная и неявная схемы задания разностного оператора;</p> <p>Методы и приемы конструирования разностных схем (Метод разностной аппроксимации; Интегро-интерполяционный метод (метод баланса); Метод неопределенных коэффициентов);</p> <p>Применение метода прогонки для решения системы линейных алгебраических уравнений;</p> <p>Решение задачи о распространении теплоты в стержне конечной длины;</p> <p>Пример решения задачи по определению изгиба свободно опертой балки</p>
<p>P9</p>	<p>Метод конечных элементов (МКЭ)</p>	<p>Пример дискретной задачи;</p> <p>Система линейных алгебраических уравнения (СЛАУ);</p> <p>Континуальная задачи;</p> <p>Пример решения задачи распространения теплоты в стержне</p>

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Способы расчета сварочных задач

Электронные ресурсы (издания)

1. Кудрявцев, Л. Д.; Краткий курс математического анализа : учебник.; Физматлит, Москва; 2010; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82818> (Электронное издание)
2. Кошляков, Н. С.; Основные дифференциальные уравнения математической физики; Главная редакция общетехнической литературы, Москва, Ленинград; 1936; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=105733> (Электронное издание)
3. Тихонов, А. Н.; Уравнения математической физики; Наука, Москва; 1977; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468275> (Электронное издание)
4. Акивис, М. А.; Тензорное исчисление : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2005; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=67297> (Электронное издание)
5. Фейнман, Р., Р., Смородинский, Я. А.; Фейнмановские лекции по физике; Мир, Москва; 1965; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=494665> (Электронное издание)
6. Касаткин, А. Г.; Основные процессы и аппараты химической технологии; Государственное научно-техническое издательство химической литературы, Москва; 1961; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=220605> (Электронное издание)
7. Цлаф, Л. Я.; Вариационное исчисление и интегральные уравнения : практическое пособие.; б.и., Москва; 1966; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=222234> (Электронное издание)
8. Эльсгольц, Л. Э.; Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление : учебник.; б.и., Москва; 1969; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=455165> (Электронное издание)
9. Айзерман, М. А.; Классическая механика : монография.; Наука, Москва; 1974; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=477092> (Электронное издание)
10. Тамм, И. Е.; Основы теории электричества : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2003; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69243> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Акивис, М. А.; Тензорное исчисление : Учеб. пособие для вузов.; Наука, Москва; 1972 (24 экз.)
2. Розин, Л. А.; Метод конечных элементов в применении к упругим системам; Стройиздат, Москва; 1977 (6 экз.)
3. Ишлинский, А. Ю.; Классическая механика и силы инерции; Наука, Москва; 1987 (2 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

<http://lib.urfu.ru/> – зональная научная библиотека УрФУ.

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Способы расчета сварочных задач

Сведения об оснащенности дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	не требуется
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	не требуется
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	не требуется

		соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	
--	--	--	--