

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Сварка и металлургия»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине

**ФД.2. «Физические процессы и явления при сварке»**

направления подготовки  
**15.03.01 «Машиностроение»**

Профиль **«Оборудование и технология сварочного производства»**

форма обучения – заочная

курс – 4

семестр – 7

всего часов – 72

в том числе:

лекции – 4

практические занятия – 6

аудиторных – 10

самостоятельная работа – 62

зачет – 7 семестр

Рабочая программа составлена на основании:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение» квалификация – бакалавр, профиль «Оборудование и технология сварочного производства», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации 03.09.15 № 957.
- Учебного плана СГТУ по направлению 15.03.01 «Машиностроение» квалификация – бакалавр, профиль «Оборудование и технология сварочного производства». Дисциплина входит в цикл Ф.2 учебного плана.

### **1. Цели и задачи дисциплины**

Цель преподавания дисциплины: изложение широкого круга вопросов, относящихся к теории процессов, происходящих при сварке, обобщение их в стройную систему теоретических знаний, базирующихся на последних достижениях сварочной науки и производства, привитие студентам умений качественного и количественного анализа изучаемых процессов.

Задачи дисциплины: формирование навыков и умений по следующим направлениям деятельности:

- овладение методами исследования и основными положениями, которые используются при изучении теоретических основ сварки;
- овладение методами расчета и управления тепловыми процессами при сварке;
- овладение методами управления металлургическими процессами при сварке;
- овладение способами и процессами раскисления, легирования и рафинирования металлов при сварке;
- овладение способами и методами рационального выбора сварочных материалов;
- овладение способами и методами выбора сварочных режимов для получения качественного сварного соединения.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП ВО**

Дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении курсов:

#### **Физика:**

- 1 Электрический ток в газах.
- 2 Электричество и магнетизм.
- 3 Внутренняя энергия тела и способы ее измерения. Диффузия.
- 4 Переход вещества из жидкого в газообразное состояние и обратно.
- 5 Квантовые явления в твердом теле.
- 6 Плавление. Кристаллизация. Тепловое расширение тел.

#### **Химия:**

- 1 Направленность и энергетика химических процессов.
- 2 Кинетика и химическое равновесие.
- 3 Растворы. Растворимость.
- 4 Окислительно-восстановительные реакции.

5 Взаимодействие металла с газами.

**Математика:**

1 Математический анализ.

**Материаловедение.**

Перечень дисциплин, усвоение которых необходимо для усвоения данной дисциплины: «Физика», «Химия», «Материаловедение», «Технология конструкционных материалов».

### **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций: ПК-17 – умение выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения

Студент должен знать:

- теоретические основы сварки, основные теоретические положения, касающиеся источников сварочного нагрева, тепловых процессов при сварке;
- изменения структуры и свойств металла под влиянием термомодеформационных циклов сварки, металлургии сварки;
- образования сварочного соединения при сварке давлением и плавлением, технологической прочности сварных соединений.

Студент должен уметь:

- выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов;
- принять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения;
- экспериментально исследовать основные сварочные процессы и рассчитывать параметры этих процессов с использованием компьютерной техники

Студент должен владеть:

- методами расчетов температурных полей при различных схемах нагрева;
- методами расчетов для прогнозирования химического состава металла сварного шва;
- методами расчетов для прогнозирования технологической прочности металла сварных соединений;
- методами повышения сопротивляемости сварных соединений образованию горячих и холодных трещин;
- методами оценки свариваемости материалов.

#### 4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

| № Мо-ду-ля         | № Не-де-ли | № Т е м ы | Наименование темы                             | Часы/ Из них в интерактивной форме |         |               |                |                |     |
|--------------------|------------|-----------|---|------------------------------------|---------|---------------|----------------|----------------|-----|
|                    |            |           |   | Все-го                             | Лек-ции | Кол-лок-виумы | Лабо-ра-торные | Прак-тичес-кие | СРС |
| 1                  | 2          | 3         | 4   | 5                                  | 6       | 7             |                | 8              | 9   |
| 7 семестр          |            |           |   |                                    |         |               |                |                |     |
| 1                  | 1, 2       | 1         | Теория преобразова-ния энергии при сварке     | 52                                 | 2       | -             | -              | 6              | 44  |
| 1                  | 3,4        | 2         | Теория металлурги-ческих процессов при сварке | 20                                 | 2       | -             | -              | -              | 18  |
| Итого за 7 семестр |            |           |   | 72                                 | 4       | -             | -              | 6              | 62  |

#### 5. Содержание лекционного курса

| № темы                | Все-го часов | № лекции | Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции  | Учебно-методиче-ское обеспе-чение |
|-----------------------|--------------|----------|---|-----------------------------------|
| 1                     | 2            | 3        | 4   | 5                                 |
| 7 семестр             |              |          |   |                                   |
| 1                     | 2            | 1        | Введение. Физическо – химические осо-бенности получения сварных, паянных и клеевых соединений. Классификация процессов сварки   | 1,3,7                             |
| 2                     | 2            | 2        | Элементы термодинамики плазмы. Яв-ления переноса, баланс энергии и тем-пература в столбе дуги<br>Металлургические процессы при сварке.<br>Взаимодействие металлов с кислородом.<br>Взаимодействие металлов с серой. | 1,2,4                             |
| Итого за 7 семестр: 4 |              |          |   |                                   |

#### 6. Содержание коллоквиумов

Коллоквиум по учебному плану не предусмотрены.

### 7. Перечень практических занятий

| № темы                | Всего часов | № занятия | Тема практического занятия. Задания, вопросы, отрабатываемые на практическом занятии   | Учебно-методическое обеспечение |
|-----------------------|-------------|-----------|--|---------------------------------|
| 1                     | 2           | 3         | 4  | 5                               |
| 7 семестр             |             |           |  |                                 |
| 1                     | 4           | 1,2       | Расчет отношений плотностей тока термоавтоэлектронной и термоэлектронной эмиссий электронов с поверхности сварочных катодов. | 1,5,7                           |
| 1                     | 2           | 3         | Баланс энергии в приэлектродных областях дуги. Определение тепловыделения в приэлектродных областях.                         | 1,5,7                           |
| Итого за 7 семестр: 6 |             |           |  |                                 |

### 8. Перечень лабораторных работ

Учебным планом не предусмотрено

### 9. Задания для самостоятельной работы студентов

| № темы    | Всего часов | Вопросы для самостоятельного изучения (задания)   | Учебно-методическое |
|-----------|-------------|---|---------------------|
| 1         | 2           | 3   | 4                   |
| 7 семестр |             |   |                     |
| 1         | 2           | Физические основы и классификация процессов сварки. Виды элементарных связей в твердых телах и монокристаллических соединениях  | 1,2,5               |
| 1         | 2           | Перенос металла в дуге. Дуга переменного тока. Сварочные дуги с плавящимся электродом. Сварочные дуги с неплавящимся электродом.  | 1,3,4               |
| 1         | 2           | Физико – химические процессы в плазме дугового разряда.<br>Проводимость твердых тел и жидкостей.<br>Электрический разряд в газах. Элементарные процессы в плазме дуги                 | 2,3                 |
| 1         | 2           | Определение термического равновесия плазмы столба сварочных дуг. Расчет эффективного потенциала термической ионизации смеси газов, температуры столба, баланса энергии в столбе дуги. | 1,5                 |

|                        |   |  |       |
|------------------------|---|--|-------|
| 1                      | 2 | Исследование влияния различных факторов на образование пор при электродуговой сварке                                 | 1,3   |
| 2                      | 2 | Взаимодействие металлов со сложными газами – пирометаллургия   | 1,2   |
| 2                      | 2 | Взаимодействие металлов со шлаками. Физико – химические свойства сварочных шлаков                                    | 1,4   |
| 2                      | 2 | Изучение металлургических процессов при сварке толстопокрытыми электродами   | 1,2   |
| 2                      | 2 | Изучение металлургических процессов при сварке в углекислом газе   | 1,2   |
| 2                      | 2 | Раскисление металлов при сварке  | 1,2   |
| 2                      | 2 | Расчет констант равновесия в гомогенных и гетерогенных системах.   | 1,4   |
| 2                      | 2 | Расчет химического сродства элементов к кислороду.   | 1,4   |
| 2                      | 2 | Расчет констант равновесия обратимых химических реакций раскисления, легирования и рафинирования металла при сварке. | 1,4   |
| 2                      | 2 | Поглощение газов металлами при сварке и их влияние на свойства сварочных соединений.                                 | 1,2,3 |
| 1                      | 2 | Термодинамическое определение и баланс энергии процесса сварки   | 1,3,4 |
| 1                      | 2 | Оценка эффективности и требования к источникам энергии   | 1,3,4 |
| 1                      | 4 | Эмиссионные процессы на поверхности твердых тел  | 1,2,4 |
| 1                      | 4 | Переходные области сварочных дуг   | 1,3,5 |
| 1                      | 8 | Баланс энергии и плазменные струи в дуге   | 1,2,4 |
| 1                      | 2 | Магнитогидродинамика сварочной дуги  | 1,3,5 |
| 1                      | 2 | Плазменодуговые процессы   | 1,3,5 |
| 1                      | 4 | Электроннолучевые источники  | 1,2,4 |
| 1                      | 6 | Фотоннолучевые источники   | 1,2,4 |
| Итого за 7 семестр: 62 |   |  |       |

*Вид контроля СРС: реферат. Рекомендации к выполнению СРС находятся в ИОС [7,8]*

### **10. Расчетно-графическая работа**

Расчетно-графическая работа учебным планом не предусмотрена.

### **11. Курсовая работа**

Курсовая работа учебным планом не предусмотрена.

### **12. Курсовой проект**

Курсовой проект учебным планом не предусмотрен.

### **13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Для закрепления курса рекомендуется вынесение на самостоятельную проработку изучение источников энергии необходимых для соединения материалов и особенности нагрева и охлаждения металлов при различных видах сварки.

Содержание задания: физические основы и классификация процессов сварки; физико-химические процессы в дуговом разряде, разновидности сварочных дуговых разрядов; лучевые сварочные источники энергии; основные понятия и законы тепловых процессов при сварке; нагрев и плавление металла, физико-химические процессы при сварке; металлургические процессы при сварке плавлением; термомодеформационные процессы и кристаллизация металла при сварке; химическая неоднородность сварных соединений; природа образования горячих и холодных трещин, связь структуры сварного соединения с его эксплуатационными свойствами.

Перечень компетенций и этапы формирования:

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

| № п/п | Код и наименование дисциплины по базовому учебному плану | Части компонентов                        | Технология формирования  | Средства и технологии оценки             |        |
|-------|--|--|--|--|--------|
| 1     | Ф.2  | Физические процессы и явления при сварке | Знает:<br>- теоретические основы сварки, основные теоретические положения, касающиеся источников сварочного нагрева, | Лекции, самостоятельная работа студентов | Зачет, |

|  |  |  |   |                              |   |
|--|--|--|---|------------------------------|---|
|  |  |  | <p>тепловых процессов при сварке;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изменения структуры и свойств металла под влиянием термомеханических циклов сварки, металлургии сварки;</li> <li>- образования сварочного соединения при сварке давлением и плавлением, технологической прочности сварных соединений.</li> </ul>   |                              |   |
|  |  |  | <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов;</li> <li>- принять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения;</li> <li>- экспериментально исследовать основные сварочные процессы и рассчитывать параметры этих процессов с использованием компьютерной техники</li> </ul>  | Лекции, практические работы  | Зачет, отчеты по практическим занятиям, защита рефератов, работам |
|  |  |  | <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами расчетов температурных полей при различных схемах нагрева;</li> <li>- методами расчетов для прогнозирования химического состава металла сварного шва;</li> <li>- методами расчетов для прогнозирования технологической прочности металла сварных соединений;</li> <li>- методами повышения сопротивляемости сварных соединений образованию горячих и холодных трещин;</li> <li>- методами оценки свариваемости материалов.</li> </ul> | Лекции; практические занятия | зачет отчеты по практическим занятиям, защита рефератов           |

### Уровни освоения компетенции ПК-17

| № п/п | Код и наименование дисциплины по базовому учебному плану | Ступени уровней освоения компетенции | Отличительные признаки  |
|-------|--|--------------------------------------|---|
| 1     | Ф.2  | Физические про-                      | <p>Пороговый (удовле-</p> <p>Знает:<br/>- физические и технологические свойства ис-</p> |



|                                   |  |                                   |                     |  |
|-----------------------------------|--|-----------------------------------|---------------------|--|
|                                   |  | <p>цессы и явления при сварке</p> | <p>творительно)</p> | <p>точников энергии для сварки и способы их регулирования;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные понятия и законы в расчетах тепловых процессов при сварке, методы расчета;</li> <li>- физико-химические особенности металлургических процессов при сварке.</li> </ul>                   |
|                                   |  |                                   |                     | <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять рациональный выбор факторов для регулирования технологических свойств сварочных дуг;</li> <li>- выполнять расчеты тепловых процессов при нагреве тел сварочными источниками теплоты.</li> </ul>                                      |
|                                   |  |                                   |                     | <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами расчетов температурных полей при различных схемах нагрева.</li> </ul>  |
| <p>Продвину-<br/>тый (хорошо)</p> |  |                                   |                     | <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- особенности кристаллизации и формирования первичной структуры металла шва;</li> <li>- фазовые и структурные превращения в металлах при сварке.</li> </ul>   |
|                                   |  |                                   |                     | <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнять расчеты основных параметров сварочных термических циклов, расчеты нагрева и плавления присадочного металла;</li> <li>- использовать термодинамические методы анализа и прогнозирования металлургических процессов при сварке</li> </ul> |
|                                   |  |                                   |                     | <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами расчетов для прогнозирования химического состава металла сварного шва;</li> <li>- методами расчетов для прогнозирования технологической прочности металла сварных соединений</li> </ul>  |
| <p>Высокий<br/>(отлично)</p>      |  |                                   |                     | <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- механизмы образования трещин при сварке, методы повышения сопротивляемости сварных соединений образованию трещин;</li> <li>- методы теоретического и экспериментального исследования сварочных процессов.</li> </ul>                              |
|                                   |  |                                   |                     | <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать технологические методы регулирования первичной структуры металла шва;</li> <li>- проводить анализ фазовых и структурных превращений в сталях при охлаждении в процессе сварки.</li> </ul>  |
|                                   |  |                                   |                     | <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами повышения сопротивляемости сварных соединений образованию горячих и холодных трещин;</li> <li>- методами оценки свариваемости материалов.</li> </ul>   |

**ПК-17 в части: умение выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов формируется** на лекциях 1-18 и закрепляется выполнением тематикой самостоятельной работы, оценивается вопросами зачета и экзамена **в части: и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения формируется** на практических и лабораторных занятиях и оценивается в ходе отчетов по практическим и лабораторным занятиям и вопросами зачета и экзамена.

Успешное освоение компетенции достигается путем освоения теоретического материала (30%), освоения практических методов решения задач (40%), осуществления самостоятельной работы над темами дисциплины (30%).

Контроль освоения дисциплины проходит в форме зачета и экзамена, в сочетании отчета по теоретическим вопросам курса на коллоквиумах, отчетов по индивидуальным домашним заданиям и контрольных вопросов по тестам.

Зачет по данной дисциплине проводится в два этапа: в форме тестирования и собеседования по результатам тестирования.

Экзамен по данной дисциплине проводится в два этапа: в форме тестирования и собеседования по результатам тестирования.

Промежуточный контроль по дисциплине проходит в форме зачета в сочетании различных форм (тестирования и собеседования). Успешное освоение компетенций достигается путем выполнения теоретического отчета (50%), решения практического задания (50%).

### **Вопросы для зачета**

1. Дайте определение понятия «сварка» и перечислите сварочные технологий
2. В чём заключается физическая сущность процесса сварки
3. Дайте определение и приведите примеры вида, метода и способа сварки
4. Перечислите требования к сварочным источникам энергий
5. Назовите термические процессы сварки и их источники
6. Назовите механические сварочные процессы
7. Перечислите термомеханические сварочные процессы
8. Какие виды электрических разрядов существуют?
9. Как происходит зажигание дуги и какие зоны (области) она имеет?
10. Как протекает ионизация газов?
11. Какие виды переноса металла в дуге при сварке имеют место?
12. Опишите силы, действующие на каплю металла в сварочной дуге
13. Как влияет режим сварки на перенос металла?
14. Какие расчетные схемы нагреваемых тел при сварке применяют?
15. Какие схемы источников тепла применяют при тепловых расчетах?
16. От каких параметров зависит распространение тепла в телах?
17. Что такое термический цикл сварки?

18. Как происходит нагрев и плавление основного металла при сварке?
19. Чем характеризуется сварочная ванна?
20. Сварочная ванна 1 – го и 2 – го типа в чем заключается отличия?
21. Как происходит и чем определяется диссоциация газов при сварке?
22. Опишите взаимодействие кислорода с металлом при сварке
23. Чем характеризуется взаимодействие металла с водородом и азотом?
24. Как образуется пора при сварке?
25. Какие металлы являются наиболее сильными раскислителями?
26. Какими путями вводятся легирующие элементы в сварочную ванну?
27. Каковы функции и свойства сварочных шлаков?
28. Перечислите основные причины образования сварочных напряжений
29. Как происходит образование и рост кристаллов в сварочной ванне?
30. Назовите способы управления формированием первичной структуры при сварке
31. Из каких участков состоит зоны термического влияния?
32. Назовите причины образования горячих трещин
33. Почему образуется холодные трещины?
34. Какие меры по предотвращению трещин при сварке вы знаете?
35. Что такое «свариваемость» и её основные критерии?
36. Какие методы оценки свариваемости применяются?
37. Как определяется склонность сталей к образованию холодных трещин при сварке
38. Какие факторы ухудшают свариваемость сталей?
39. Что затрудняет сварку алюминия? 40. Какие факторы ухудшают свариваемость меди?

#### **14. Образовательные технологии**

В учебном процессе применяются активные и интерактивные формы проведения занятий с использованием системы мультимедиа.

Перечень программного обеспечения: пакет программ Microsoft Office, пакет программ КОМПАС (ЗАО «АСКОН»).

Весь цикл занятий проводится с использованием учебно-наглядных пособий и учебным оборудованием.

#### **15. Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине**

Основная литература:

1. Лупачёв В.Г. Общая технология сварочного производства [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Лупачёв В.Г.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2011.— 287 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20235>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

2. Основы технологии сварки: учебное пособие. Федосов С. А., Оськин И. Э. Основы технологии сварки: учебное пособие.-М.: Машиностроение, 2011. - 125 с. Режим доступа :

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785942755706.html?SSr=2601337ba22270f2457a505sstu>

3. Суслов А.Г. Научные технологии в машиностроении [Электронный ресурс]/ Суслов А.Г., Базров Б.М., Безъязычный В.Ф.— Электрон. текстовые данные.— М.: Машиностроение, 2012.— 528 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18528>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

Дополнительная литература:

4. Теория сварочных процессов: учеб. / В.Н.Волченко, В.М.Ямпольский, В.А.Винокуров и др.; Под ред. В.В.Фролова. - М. : Высшая школа, 1988. - 559 с. : ил. ; 22см. - ISBN 5-06-001473-8

*Экземпляры всего: 4 аб (4)*

5. Борд Н.Ю. Термодинамические расчеты в практике конструирования и применения сварочных материалов [Электронный ресурс]/ Борд Н.Ю., Белявин К.Е., Шелег В.К.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Белорусская наука, 2006.— 172 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/11519>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

6. Конюшков Г.В. Специальные методы сварки давлением [Электронный ресурс]: учебник/ Конюшков Г.В., Мусин Р.А.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2009.— 632 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/743>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

7. <https://portal3.sstu.ru/Facult/INETM/SM/15.03.01z/B.1.2.7-7/default.aspx>

8. <https://portal3.sstu.ru/Facult/INETM/SM/15.03.01z/B.1.2.7-8/default.aspx>

## **16. Материально-техническое обеспечение**

Перечень и описание учебных аудиторий: при реализации учебного процесса: проведения практических, лабораторных, лекционных занятий используются типовые учебные аудитории и лаборатории оснащенные учебной мебелью и мультимедиа, учебно-наглядными пособиями и учебным оборудованием.

Перечень и описание помещений для самостоятельной работы: компьютерный класс, укомплектованный компьютерами с выходом в интернет.

Перечень и описание помещений для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: учебно-научная лаборатория, со вспомогательными помещениями, оснащенными для профилактического обслуживания учебного оборудования.

Электронная библиотека вуза:

<http://lib.sstu.ru/index.php/elmrazdel/melellib>

Лицензионное программное обеспечение: *Microsoft Office*, Компас, *Solid Works*.

Используемая вычислительная техника: персональные компьютеры с установленными лицензионными программными комплексами *Microsoft Office*,

Компас, Solid Works.

Перечень оборудования информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине: система мультимедиа, состоящая из проектора, акустической системы, персонального компьютера с установленными лицензионными программными комплексами *Microsoft Office*, Компас, *Solid Works*.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению 15.03.01 «Машиностроение» (степень «бакалавр»).