

Рабочая программа утверждена  
решением Учёного совета ВФ  
НИТУ МИСиС  
от «26» мая 2022г.  
протокол № 7-22

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Теория управляемого пластического деформирования и формовки

Закреплена за кафедрой

Технологии и оборудования обработки металлов давлением

Направление подготовки

22.03.02 Metallургия

Профиль

Обработка металлов давлением

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **заочная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

|                         |     |                             |
|-------------------------|-----|-----------------------------|
| Часов по учебному плану | 144 | Формы контроля в семестрах: |
| в том числе:            |     | экзамен 6                   |
| аудиторные занятия      | 14  |                             |
| самостоятельная работа  | 92  |                             |
| часов на контроль       | 36  |                             |

### Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр<br>(<Курс>.<Семестр на<br>курсе>) | 6 (3.2) |     | Итого |     |
|---|---------|-----|-------|-----|
|   | 19      |     |       |     |
| Неделя                                    | 19      |     |       |     |
| Вид занятий                               | УП      | РП  | УП    | РП  |
| Лекции                                    | 6       | 6   | 6     | 6   |
| Практические                              | 8       | 8   | 8     | 8   |
| КСР                                       | 2       | 2   | 2     | 2   |
| Итого ауд.                                | 14      | 14  | 14    | 14  |
| Контактная работа                         | 16      | 16  | 16    | 16  |
| Сам. работа                               | 92      | 92  | 92    | 92  |
| Часы на контроль                          | 36      | 36  | 36    | 36  |
| Итого                                     | 144     | 144 | 144   | 144 |

Программу составил(и):

*дтн, Профессор, Зиновьев Александр Васильевич;*

*дтн, Профессор, Галкин Сергей Павлович;*

*Доцент, Фортунатов Александр Николаевич*

---

Рабочая программа

**Теория управляемого пластического деформирования и формовки**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.02 Metallургия, ОМ-22 ЗО.plx Обработка металлов давлением, утвержденного Ученым советом ВФ НИТУ "МИСиС" 25.02.2022, протокол № 5-22

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Технологии и оборудования обработки металлов давлением**

Протокол от 20 05 2022г., №9

Зав. кафедрой Горбатьюк С.М. \_\_\_\_\_

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

|     |  |
|-----|--|
| 1.1 | Научить анализировать процессы обработки металлов и сплавов давлением. Описывать механизмы управляемого пластического деформирования и формовки. Анализировать напряжённое и деформированное состояние при обработке металлов давлением. Применять основы теории пластичности для расчёта технологических параметров процессов обработки металлов и сплавов давлением. |
|-----|--|

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

|                   |   |            |
|-------------------|---|------------|
| Цикл (раздел) ОП: |   | Б1.В.ДВ.02 |
| <b>2.1</b>        | <b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>  |            |
| 2.1.1             | Теория обработки металлов давлением   |            |
| 2.1.2             | Производственная практика   |            |
| 2.1.3             | Кристаллофизика   |            |
| 2.1.4             | Материаловедение  |            |
| 2.1.5             | Механика  |            |
| <b>2.2</b>        | <b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b> |            |
| 2.2.1             | Технологические процессы обработки металлов давлением   |            |
| 2.2.2             | Технология производства проката   |            |
| 2.2.3             | Научно-исследовательская работа   |            |
| 2.2.4             | Компьютерное моделирование технологических процессов ОМД  |            |
| 2.2.5             | Организация и планирование проведения эксперимента  |            |

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

|  |
|--|
| <b>ПК-1:</b> Способен осуществлять разработку типовых технологических процессов для обработки материалов                               |
| <b>ПК-1.2:</b> Применяет методики выбора технологических операций обработки металлов   |
| <b>Знать:</b>  |
| ПК-1.2-32 Основные закономерности процессов тепло- и массопереноса применительно к технологическим процессам                           |
| ПК-1.2-31 Основы технологических процессов в ОМД   |
| <b>Уметь:</b>  |
| ПК-1.2-У2 Рассчитывать и анализировать процессы внешнего и внутреннего теплообмена   |
| ПК-1.2-У1 Уметь анализировать температурно-деформационные параметры технологического процесса производства полупродукта                |
| <b>Владеть:</b>  |
| ПК-1.2-В2 Методами анализа и численными методами, вычислительной техникой при решении прикладных задач в области теплообмена           |
| ПК-1.2-В1 Владеть способностью разрабатывать температурно-деформационные параметры технологического процесса производства полупродукта |

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ**

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/  | Семестр / Курс | Часов | Компетенции | Литература и эл. ресурсы | Примечание |
|-------------|--|----------------|-------|-------------|--------------------------|------------|
|             | <b>Раздел 1. Теория продольной прокатки</b>  |                |       |             |                          |            |
| 1.1         | Теория продольной прокатки. Разновидности процесса прокатки. Виды очага деформации. Внеконтактная деформация. Деформационные параметры. Упругое сплющивание валков. Условие захвата металла валками. /Лек/ | 6              | 1     | ПК-1.2      | Л1.1 Л1.3Л2.1            |            |
| 1.2         | Кинематические условия продольной прокатки. Анализ перемещения металла в очаге деформации. Опережение и отставание. Нейтральный угол. Скорость деформации при прокатке. /Лек/                              | 6              | 1     | ПК-1.2      | Л1.3                     |            |

|                                       |   |   |    |        |                       |  |
|---------------------------------------|---|---|----|--------|-----------------------|--|
| 1.3                                   | Напряженное и деформированное состояние при прокатке. Анализ напряжений и деформаций при прокатке. Распределение деформаций в области пластического течения в зависимости от высоты очага деформации. Явление уширения. Методики расчета и анализ при плоской прокатке и прокатке в калибрах. Явление трения. Распределение напряжений по длине дуги контакта. Давление, усилие, момент и мощность прокатки. Методики определения энергосиловых параметров при горячей и холодной прокатке. Лимитирующие факторы. Основные принципы выбора технологического оборудования. /Лек/ | 6 | 1  | ПК-1.2 | Л1.3Л2.1              |  |
| 1.4                                   | Решения задач по расчету деформационных, скоростных, температурных параметров и энергосиловых параметров при горячей и холодной продольной прокатке /Пр/  | 6 | 4  | ПК-1.2 | Л1.3Л2.1              |  |
| 1.5                                   | Проработка лекционного материала, материалов практических занятий, подготовка к выполнению и защите лабораторных работ, выполнение домашних работ /Ср/  | 6 | 30 | ПК-1.2 | Л1.3Л2.1<br>Э1        |  |
| <b>Раздел 2. Теория прессования</b>   |   |   |    |        |                       |  |
| 2.1                                   | Теория прессования. Классификация процессов по кинематике течения. Напряженно-деформированное состояние. Анализ явлений трения. Методика расчета энергосиловых параметров при прессовании. Учет лимитирующих факторов процесса. Задача оптимизации. /Лек/   | 6 | 1  | ПК-1.2 | Л1.1Л2.1 Л2.2<br>Л2.3 |  |
| 2.2                                   | Решение задач по расчету усилия прессования /Пр/  | 6 | 2  | ПК-1.2 | Л1.1Л2.3              |  |
| 2.3                                   | Проработка лекционного материала, материалов практических занятий, подготовка к выполнению и защите лабораторных работ, выполнение домашних работ /Ср/  | 6 | 30 | ПК-1.2 | Л1.1Л2.1 Л2.3<br>Э1   |  |
| <b>Раздел 3. Теория формовки труб</b> |   |   |    |        |                       |  |
| 3.1                                   | Классификация способов формовки труб большого диаметра (на прессах, на станах и на вальцах), их особенности. Требования к геометрическим параметрам сформованной трубной заготовки. Виды инструмента оборудования процессов формоизменения, настройка, марка стали. /Лек/   | 6 | 1  | ПК-1.2 | Л1.1 Л1.2Л2.1<br>Л2.3 |  |
| 3.2                                   | Определение и оценка геометрических параметров и напряженно-деформированного состояния при производстве труб прессовой формовкой. /Пр/  | 6 | 2  | ПК-1.2 | Л1.1 Л1.2Л2.3         |  |
| 3.3                                   | Энергосиловые параметры и энергетические затраты при производстве труб прессовой формовкой. Методика определения Технология производства одношовных и двухшовных труб с применением процесса непрерывной формовки, особенности. Калибровка технологического инструмента<br>Производство спиралешовных труб. Методики определения деформационных и энергосиловых параметров. /Лек/   | 6 | 1  | ПК-1.2 | Л1.1 Л1.2Л2.3         |  |
| 3.4                                   | Проработка лекционного материала, материалов практических занятий, выполнение домашних работ /Ср/   | 6 | 32 | ПК-1.2 | Л1.2Л2.3<br>Э1        |  |

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### 5.1. Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену (зачёту с оценкой)

Вопросы для самоподготовки к экзамену:

1. Анализ влияния технологических параметров на распределение нормальных контактных напряжений при продольной прокатке
2. Влияние параметров процесса продольной прокатки на соотношение зон отставания и опережения
3. Влияние технологических параметров на величину уширения
4. Геометрический очаг деформации и его параметры
5. Давление, усилие, момент и мощность при прокатке
6. Кинематика процесса непрерывной продольной прокатки
7. Классификация способов формовки сварных труб диаметра, их особенности
8. Классификация процессов прессования
9. Коэффициент деформации
10. Коэффициент трения при прокатке
11. Коэффициенты деформации при продольной прокатки
12. Напряжённое и деформированное состояния металла при формовки трубы
14. Напряженно-деформированное состояние металла при прессовании
15. Нейтральный угол при продольной прокатке
16. Неравномерность деформации при прокатке
17. Опережение и отставание при прокатке
18. Определение момента при продольной прокатке
19. Основные методики расчёта энергосиловых параметров при прокатке
20. Основные факторы, влияющие на величину усилия прессования.
21. Основы расчета усилия при продольной прокатке
22. Определение работы изгиба и усилия прессов при формоизменении трубной заготовки
23. Особенности кинематики непрерывной прокатки
24. Особенности полунепрерывного прессования
25. Особенности прессования сплошных и полых профилей
26. Особенности производства одношовных и двухшовных труб с применением процесса непрерывной формовки
27. Очаг деформации при продольной прокатке
28. Переход от условий захвата к установившейся стадии процесса прокатки
29. Последовательные стадии процесса прокатки
30. Постановка задачи решения дифференциальных уравнений контактных напряжений при продольной прокатке (двумерная деформация)
31. Разновидности процессов продольной прокатки
32. Распределение напряжений вдоль дуги контакта
33. Распределение напряжений и деформации по высоте сечения полосы при продольной прокатке
34. Расчет силовых параметров при прессовании
35. Скоростные условия в очаге деформации
36. Скорость деформации при прокатке
37. Соотношение между скоростями движения раската и валков
38. Соотношение между углом захвата, углом трения и нейтральным углом в очаге деформации при продольной прокатке
39. Теория контактных сил трения
40. Теория распределения по дуге контакта нормальных и касательных напряжений
41. Условия захвата раската валками
42. Уширение и его физическая сущность при продольной прокатке на гладкой бочке
43. Уширение при прокатке на гладкой бочке и в калибрах
44. Фактический очаг деформации и его параметры
45. Факторы, влияющие на усилие прокатки
46. Характеристические углы при продольной прокатке
47. Экспериментальные методы исследования контактных напряжений при прокатке

### 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (модулю, практике, НИР) - эссе, рефераты, практические и расчетно-графические работы, курсовые работы, проекты и др.

Текущая аттестация проводится в форме заданий для самостоятельного выполнения и контрольных мероприятий. По дисциплине предусмотрены следующие контрольные мероприятия:

Домашнее задание "Геометрические параметры очага деформации, расчет условий захвата и уширения":

1. Произвести расчет:
  - А) Абсолютных величин деформации (уширение не учитывать);
  - Б) Относительных величин деформации (уширение не учитывать);
  - В) Коэффициентов деформации (уширение не учитывать);
  - Г) Геометрическую длину дуги захвата;
  - Д) Угла захвата;
  - Е) Уширения (по эмпирической формуле).
2. Условия процесса продольной прокатки:
  - диаметр валка 560 мм;
  - материал валка Сталь;

|  |
|--|
| размеры заготовки 10x150x500 мм;<br>материал заготовки Сталь 3;<br>относительное обжатие 12%.  |
| <b>5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)</b>   |
| Экзаменационные билеты состоит из трех теоретических вопросов. Билеты хранятся на кафедре<br><br>Пример экзаменационного билета.<br><br>1 Коэффициент трения при прокатке<br>2 Геометрический очаг деформации и его параметры<br>3 Особенности производства одношовных и двухшовных труб с применением процесса непрерывной формовки   |
| <b>5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)</b>  |
| Методика оценивания текущего контроля:<br>Оценка "зачтено" - задания выполнены полностью, технически грамотно оформлены.<br>Оценка "не зачтено" - задания выполнены не в полном объеме, имеются недочеты в оформлении заданий.<br><br>На экзамене оценивается уровень теоретических знаний обучающегося и развития его творческого мышления, наличие навыков самостоятельной работы и умение применять полученные знания к решению практических задач (при ответах на вопросы(задания) экзаменационного теста, дополнительные вопросы (при необходимости), также учитываются результаты работы обучающегося в течение учебного семестра).<br>Для оценивания уровня освоения учебного материала по дисциплине "Теория управляемого пластического деформирования и формовки" используется следующая шкала оценок:<br>Оценка «отлично» ставится обучающемуся, ответ которого содержит:<br>- глубокое знание программного материала, а также основного содержания и новаций лекционного курса по сравнению с учебной литературой: основной и дополнительной;<br>- знание концептуально-понятийного аппарата всего курса (программы практики);<br>- свидетельствует о способности самостоятельно критически оценивать основные положения курса и увязывать теорию с практикой.<br>Оценка «хорошо» ставится обучающемуся, ответ которого свидетельствует:<br>- о полном знании материала по программе дисциплины;<br>- о знании рекомендованной литературы: основной и дополнительной;<br>- содержит в целом правильное, но не всегда точное и аргументированное изложение материала.<br>Оценка «удовлетворительно» ставится обучающемуся, ответ которого содержит:<br>- поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса;<br>- затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии курса;<br>- стремление логически четко построить ответ, а также свидетельствует о возможности последующего обучения.<br>Оценка «неудовлетворительно» ставится обучающемуся, имеющему существенные пробелы в знании основного материала по программе, а также допустившему принципиальные ошибки при изложении материала, а также не выполнившего требования по освоению курса. |

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

|      | Авторы, составители  | Заглавие   | Библиотека          | Издательство, год                      |
|------|--|--|---------------------|--|
| Л1.1 | Романцев Б.А<br>,Гончарук А.В.,<br>Вавилкин<br>Н.М.,Самусев С.В. | Обработка металлов<br>давлением: учебник                               | Электронный каталог | Москва Издательский Дом<br>МИСиС, 2008 |
| Л1.2 | Осадчий В.Я., Вавлин<br>А.С., Зимовец В.Г.,<br>Коликов А.П.      | Технология и оборудование<br>трубного производства:<br>учебное пособие | Электронный каталог | Москва Интермет Инжинринг,<br>2001     |
| Л1.3 | Целиков А.И.,<br>Никитин Г.С., Рокотян<br>С.Е.                   | Теория продольной прокатки:<br>учебник                                 | Электронный каталог | Москва Альянс, 2018                    |

#### 6.1.2. Дополнительная литература

|      | Авторы, составители   | Заглавие   | Библиотека          | Издательство, год                    |
|------|---|--|---------------------|--------------------------------------|
| Л2.1 | Каптин Ю.Г.,<br>Перфилов В.И.,<br>Петров П.А., Рябов<br>В.А., Филиппов Ю.К. | Сопротивление деформации<br>и пластичность при ОМД:<br>учебник                         | Электронный каталог | Москва Машиностроение, 2011          |
| Л2.2 | Коликов А.П.,<br>Романенко В.П. ,<br>СамусевС.В.                            | Машины и агрегаты<br>трубного производства:<br>учебное пособие                         | Электронный каталог | Москва МИСиС, 1998                   |
| Л2.3 | А.П. Коликов, Б.А.<br>Романцев, А.С.<br>Алещенко                            | Обработка металлов<br>давлением: теория процессов<br>трубного производства:<br>учебник | Электронный каталог | Москва Изд.Дом НИТУ<br>"МИСиС", 2019 |

#### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

|    |  |   |
|----|--|---|
| Э1 | ООО НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ<br>БИБЛИОТЕКА (МИСиС), №105 Правила<br>оформления письменных работ мероприятий<br>текущего контроля успеваемости,<br>промежуточной аттестации (заданий контроля<br>самостоятельной работы студентов, отчетов по<br>практикам, курсовых работ/проектов, научно- | <a href="http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=12459">http://elibrary.misis.ru/action.php?<br/>kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocument<br/>Id=12459</a> |
|----|--|---|

#### 6.3 Перечень программного обеспечения

|     |            |
|-----|------------|
| П.1 | MS Office  |
| П.2 | LMS Canvas |
| П.3 | MS Teams   |

#### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

|     |  |
|-----|--|
| И.1 | Научная электронная библиотека eLIBRARY.ru – URL: <a href="https://elibrary.ru">https://elibrary.ru</a>                                    |
| И.2 | Научная электронная библиотека МИСиС - URL: <a href="http://elibrary.misis.ru/login.php">http://elibrary.misis.ru/login.php</a>            |
| И.3 | Электронная библиотечная система (ЭБС) – «Университетская библиотека онлайн»- URL: <a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a> |

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

| Ауд. | Назначение  | Оснащение  |
|------|---|--|
| 1    | Теория управляемого пластического деформирования и формовки | компьютер, проектор, экран, интерактивная доска<br>комплект тематических презентаций, доступ к интернету   |
| 35   | Теория управляемого пластического деформирования и формовки | Комплект учебной мебели на 20 посадочных мест,<br>компьютер, проектор, экран, интерактивная доска,<br>комплект тематических презентаций, доступ к интернету<br>"Лаборатория<br>Доска классическая - 1шт., компьютер - 1шт., проектор -<br>1шт., стол - 16 шт., стол, стул преподавателя - 1шт., стул -<br>32 шт., экран - 1шт., универсальная настольная<br>испытательная машина, 20 кН, твердомер ТКМ-359,<br>металлографический микроскоп с цифровой камерой, 40<br>-1600 кр. увел., настольный отрезной станок, настольный<br>ручной шлифовально-полировальный станок,<br>электролитическая установка для электроотравления<br>образцов, комплекс оборудования установка ОМД-3,<br>лабораторный формовочный стан 20- 40, набор<br>инструментов слесарно-монтажный, лебедка ручная<br>червячная TOR VS 500 0,5 т 25 м, комплект шаблонов для<br>замера профиля<br>ПО:Windows 7 Professional, Microsoft Office 2007,<br>антивирусное ПО Dr.Web, комплект тематических<br>презентаций, доступ к интернету" |

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Весь курс разделен на самостоятельные взаимосвязанные части, т.е. имеет модульное построение. Развитие самостоятельности обучающихся достигается индивидуализацией домашних заданий. Лекции проводятся с использованием мультимедийных технологий в специально оборудованных аудиториях, при этом лекционный материал демонстрируется с использованием графического редактора Power Point. На практических занятиях и при выполнении лабораторных работ осваиваются как классические методы решения задач, так и с использованием пакетов прикладных программ. Такая возможность обеспечивается рациональным использованием времени при проведении лекций и практических занятий с широким привлечением мультимедийной техники. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации.

Методические указания к оформлению домашних заданий и лабораторных работ приведены в методическом пособии - №105 Правила оформления письменных работ мероприятий текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации (заданий контроля самостоятельной работы студентов, отчетов по практикам, курсовых работ/проектов, научно- исследовательских работ) - Выкса 2020г [http://elibrary.misis.ru/action.php?t\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=12459](http://elibrary.misis.ru/action.php?t_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=12459) (НТБ МИСиС)