

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



**УТВЕРЖДАЮ:**

Первый проректор

Каракозов А.А.

(подпись)

03 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.04 Моделирование неисправностей механического оборудования**

(код и наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление подготовки: 15.04.02 Технологические машины и оборудование  
(код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность (профиль): Инжиниринг и технический менеджмент  
металлургического оборудования  
(наименование профиля / магистерской программы / специализации)

Программа: магистратура  
(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Форма обучения: очная, заочная  
(очная, заочная, очно-заочная)

| Форма обучения:                             | Очная       | Заочная     |
|---|-------------|-------------|
| Семестр(ы)                                  | 1           | 1           |
| Общая трудоёмкость в з.е./часах             | 5 / 180     | 5 / 180     |
| Контактная работа (час.), в том числе:      | 74          | 24          |
| лекции (час.)                               | 34          | 8           |
| лабораторные работы (час.)                  | 0           | 0           |
| практические (семинарские) занятия (час.)   | 34          | 8           |
| Самостоятельная работа (час.), в том числе: | 52          | 120         |
| курсовой проект (работа) (семестр/час.)     | 1 / 27      | 1 / 27      |
| Контроль (экзамен, час./зачёт)              | экзамен, 54 | экзамен, 36 |

Донецк, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины «Моделирование неисправностей механического оборудования» составлена в соответствии с учебными планами по направлению подготовки 15.04.02 Технологические машины и оборудование (Направленность (профиль) – Инжиниринг и технический менеджмент металлургического оборудования) для 2023 года приёма по очной и заочной формам обучения.

Составитель:  
профессор кафедры «Механическое  
оборудование заводов черной  
металлургии им. В.Я. Седуша».  
д.т.н., доцент




(подпись)

Сидоров В. А.


Рабочая программа **рассмотрена и принята** на заседании кафедры «Механическое оборудование заводов черной металлургии им. В.Я. Седуша».

Протокол от «16» 03 2023 года № 7.

Заведующий кафедрой  Еронько С. П.  
(подпись)

Рабочая программа **одобрена учебно-методической комиссией** ГОУВ-ПО «ДОННТУ» по направлению подготовки 15.04.02 Технологические машины и оборудование.

Протокол от «23» 03 2023 года № 4

Председатель  Кононенко А. П.  
(подпись)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры «Механическое оборудование заводов черной металлургии им. В.Я. Седуша».

Протокол от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры «Механическое оборудование заводов черной металлургии им. В.Я. Седуша».

Протокол от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры «Механическое оборудование заводов черной металлургии им. В.Я. Седуша».

Протокол от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры «Механическое оборудование заводов черной металлургии им. В.Я. Седуша».

Протокол от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры «Механическое оборудование заводов черной металлургии им. В.Я. Седуша».

Протокол от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

## 1 ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина рассматривает вопросы моделирования неисправностей, их развития и проявления относительно механического оборудования металлургических предприятий.

Целью дисциплины является: приобретение студентами теоретических знаний и практических навыков, необходимых для решения разнообразных задач, встречающихся в инженерной и исследовательской деятельности, связанных с определением причин отказов механического оборудования.

Задачи дисциплины – сформировать представление про современные методы и общие положения расчёта деталей металлургических машин в условиях эксплуатации при наличии отклонений от проектных показателей конструкции; изложить последовательность решения задач по моделированию неисправностей деталей и узлов механического оборудования; уметь обоснованно выбирать методы решения конкретных задач, встречающихся в инженерной и исследовательской деятельности; определять виды и характер износа деталей; определять причины повреждений оборудования; определять границы использования повреждённых узлов и деталей.

В результате освоения дисциплины студент должен:

- знать** цель и задачи моделирования неисправностей; современные методы и общие положения расчёта деталей металлургических машин в условиях эксплуатации при наличии отклонений от проектных показателей конструкции; последовательность решения задач по моделированию неисправностей деталей и узлов механического оборудования; основные методы неразрушающего контроля; основные положения визуального осмотра механизмов; принципы безопасной эксплуатации и ремонта металлургического оборудования;
- уметь** обоснованно выбирать методы решения конкретных задач, которые встречаются в инженерной и исследовательской деятельности; находить взаимосвязь между характеристиками и кинематическими параметрами процесса повреждения; определять виды и характер износа деталей; определять причины повреждений оборудования; определять границы использования повреждённых узлов и деталей;
- владеть** методами построения деревьев неисправностей; принципами построения физических, математических, логических моделей развития повреждений; приёмам проверочного расчёта деталей на прочность и жёсткость; способами анализа отказов; методами прогнозирования развития повреждений.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций:

способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий (УК-1);

способен организовать работы по монтажу, наладке, техническому диагностированию, техническому обслуживанию и ремонту технологического оборудования металлургических производств (ПК-3);

способен осуществлять научное руководство, организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность, выполнять научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы с помощью современных методик физического и математического моделирования и контрольно-измерительных средств, подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований. (ПК-6).

## **2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ**

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1. Дисциплины (модули) учебного плана.

Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин бакалавриата: «Физика», «Теоретическая механика», «Теория машин и механизмов», «Материаловедение», «Детали машин», «Техническая диагностика оборудования», «Математические методы и модели в расчетах на ЭВМ в отрасли», «Эксплуатация и обслуживание металлургического оборудования».

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при прохождении производственной практики, государственной итоговой аттестации и во время производственной деятельности.

## **3 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **3.1 Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий**

| Наименование тем<br>(содержательных модулей)  | Количество часов<br>(очная/заочная форма) |             |        |                    |        |
|---|---|-------------|--------|--------------------|--------|
|   | Всего                                     | В том числе |        |                    |        |
|   |   | Лекции      | Лабор. | Практ.<br>(Семин.) | СР     |
| Тема 1. Цели и задачи курса.  | 7 / 5                                     | 2 / 2       | 0 / 0  | 2 / 0              | 3 / 3  |
| Тема 2. Основные виды изнашивания и разрушений деталей механического оборудования механического оборудования, причины и проявление видов механического изнашивания. | 13 / 16                                   | 4 / 2       | 0 / 0  | 6 / 2              | 3 / 12 |
| Тема 3. Последовательность визуального осмотра повреждений и разрушенных деталей.   | 11 / 17                                   | 4 / 2       | 0 / 0  | 4 / 2              | 3 / 13 |
| Тема 4. Влияние эксплуатационных факторов на стойкость деталей механического оборудования.  | 11 / 12                                   | 4 / 0       | 0 / 0  | 4 / 0              | 3 / 12 |

| Наименование тем<br>(содержательных модулей)  | Количество часов<br>(очная/заочная форма) |             |        |                    |          |
|---|---|-------------|--------|--------------------|----------|
|   | Всего                                     | В том числе |        |                    |          |
|   |   | Лекции      | Лабор. | Практ.<br>(Семин.) | СР       |
| Тема 5. Снижение ресурса элементов механического оборудования.                                | 11 / 13                                   | 4 / 0       | 0 / 0  | 4 / 0              | 3 / 13   |
| Тема 6. Определение фактически действующих напряжений на элементы механического оборудования. | 13 / 13                                   | 6 / 0       | 0 / 0  | 4 / 0              | 3 / 13   |
| Тема 7. Последовательность выполнения анализа изломов деталей.                                | 11 / 15                                   | 4 / 0       | 0 / 0  | 4 / 2              | 3 / 13   |
| Тема 8. Определение причин отказов по визуальным признакам повреждений.                       | 16 / 18                                   | 6 / 2       | 0 / 0  | 6 / 2              | 4 / 14   |
| Контактная работа (дополнительная)  | 6 / 8                                     |             |        |                    |          |
| Курсовая работа (проект)  |   |             |        |                    | 27 / 27  |
| Итого по видам занятий  | 126/144                                   | 34 / 8      | 0 / 0  | 34 / 8             | 52 / 120 |
| Контроль  | 54 / 36                                   |             |        |                    |          |
| <b>ИТОГО:</b>   | 180                                       |             |        |                    |          |

### Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

| Компетенции | Темы дисциплины, нацеленные на выработку компетенции |
|-------------|--|
| УК-1        | Темы 2, 7, 8.  |
| ПК-3        | Темы 3, 4, 5, 7, 8.                                  |
| ПК-6        | Темы 1, 6.   |

### 3.2 Лекции

Тема 1. Цели и задачи курса.

#### Содержание темы 1:

Основные задачи моделирования неисправностей. Основы моделирования. Виды моделей. Основные понятия и принципы моделирования. Этапы моделирования.

Литература к теме 1: [1, 2, 3, 4].

Тема 2. Основные виды изнашивания и разрушений деталей механического оборудования, причины и проявление видов механического изнашивания.

#### Содержание темы 2:

Схватывание первого и второго рода, окислительный и абразивный износ, осповидное выкрашивание. Развитие усталостного разрушения деталей. Виды

повреждений поверхности деталей: коррозионный износ, цвета побежалости, трещины, царапины, забоины.

Литература к теме 2: [[1](#), [2](#), [3](#), [4](#)].

Тема 3. Последовательность визуального осмотра повреждений и разрушенных деталей.

Содержание темы 3:

Особенности человеческого зрения. Светотехника: источники света, световые приборы, нормирование освещения. Оптические приборы: зеркала, лупы, телескопы, микроскопы, эндоскопы. Иллюзии: зрительные искажения, иллюзия восприятия: глубины, размера, движения, цвета и контраста. Последовательность осмотра разрушенных деталей, визуальные методы неразрушающего контроля.

Литература к теме 3: [[1](#), [2](#), [3](#), [4](#)].

Тема 4. Влияние эксплуатационных факторов на стойкость деталей механического оборудования.

Содержание темы 4:

Влияние силовых факторов, полезные и паразитные нагрузки. Влияние тепловых полей на работоспособность деталей. Влияние окружающей среды на стойкость деталей (коррозия). Влияние вибрационных нагрузок. Влияние процессов трения на стойкость деталей.

Литература к теме 4: [[1](#), [2](#), [3](#), [4](#)].

Тема 5. Снижение ресурса элементов механического оборудования.

Содержание темы 5:

Снижение ресурса элементов механического оборудования: подшипников качения и скольжения, зубчатых передач, соединительных муфт, валов, резьбовых соединений, ухудшения условий смазывания. Последовательность развития повреждений сопрягаемых узлов механического оборудования.

Литература к теме 5: [[1](#), [2](#), [3](#), [4](#)].

Тема 6. Определение фактически действующих напряжений на элементы механического оборудования.

Содержание темы 6:

Методы поиска и устранения неисправностей и причин неработоспособности. Моделирование неисправностей шарикоподшипников качения на примере двухрядного сферического подшипника. Классификация повреждений зубчатых передач.

Литература к теме 6: [[1](#), [2](#), [3](#), [4](#)].

Тема 7. Последовательность выполнения анализа изломов.

Содержание темы 7:

Общие положения металлографического анализа. Металлографические микроскопы. Основные выводы анализа. Определение действующих сил – тен-

зометрия. Определение нагрева – термометрия. Определение вибраций – виброметрия. Определение причин отказов.

Литература к теме 7: [1, 2, 3, 4].

Тема 8. Определение причин отказов по визуальным признакам повреждений.

Содержание темы 8:

Определение методов неразрушающего контроля для использования относительно выбранного механизма. Определение возможных причин и характера отказов деталей и узлов выбранного механизма. Визуальное проявление неисправностей механического оборудования.

Литература к теме 8: [1, 2, 3, 4].

### 3.3 Практические занятия

| № п/п         | Тема занятия                                  | Объем, час.<br>(очн./заочн.) | Литература      |
|---------------|---|------------------------------|-----------------|
| 1             | Виды механического износа                     | 4 / 0                        | [1, 3, 4]       |
| 2             | Алгоритм осмотра механического оборудования   | 4 / 0                        | [3, 4]          |
| 3             | Правила промышленной фотографии               | 4 / 2                        | [4]             |
| 4             | Классификация повреждений подшипников качения | 4 / 0                        | [3, 4]          |
| 5             | Определение износа деталей                    | 4 / 2                        | [1, 2, 4]       |
| 6             | Классификация повреждений зубчатых передач    | 4 / 2                        | [1, 3]          |
| 7             | Изломы валов                                  | 4 / 2                        | [1, 4]          |
| 8             | Примеры решения задач генезиса                | 6 / 0                        | [1, 3, 4, 5, 6] |
| <b>ИТОГО:</b> |   | <b>34 / 8</b>                |                 |

### 3.4 Лабораторные работы

Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом.

### 3.5 Самостоятельная работа студента

| № п/п         | Виды самостоятельной работы студента | Объем, час.<br>(очн./заочн.) |
|---------------|--------------------------------------|------------------------------|
| 1             | Изучение лекционного материала       | 13 / 80                      |
| 2             | Подготовка к практическим занятиям   | 12 / 13                      |
| 3             | Подготовка к лабораторным работам    | –                            |
| 4             | Выполнение курсового проекта         | –                            |
| 5             | Выполнение курсовой работы           | 27 / 27                      |
| 6             | Выполнение индивидуального задания   | –                            |
| <b>ИТОГО:</b> |                                      | <b>52 / 120</b>              |

### 3.6 Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

Учебным планом предусмотрено выполнение курсовой работы.



Тематика курсовой работы связана с вопросами моделирования снижения ресурса эксплуатируемого механического оборудования при нарушении правил эксплуатации в соответствии с методическими указаниями по выполнению курсовой работы [8].

Примерная тематика курсовых работ:

1. Снижение ресурса элементов при эксплуатации механизма (предусмотренного при выполнении магистерской работы) при нарушении режима технического обслуживания и ремонта

2. Снижение ресурса подшипников качения при эксплуатации механизма (предусмотренного при выполнении магистерской работы) при нарушении режима технического обслуживания и ремонта

3. Снижение ресурса валов при эксплуатации механизма (предусмотренного при выполнении магистерской работы) при нарушении режима технического обслуживания и ремонта

4. Снижение ресурса зубчатых передач при эксплуатации механизма (предусмотренного при выполнении магистерской работы) при нарушении режима технического обслуживания и ремонта

5. Снижение ресурса соединительных муфт при эксплуатации механизма (предусмотренного при выполнении магистерской работы) при нарушении режима технического обслуживания и ремонта

Курсовая работа включает разделы:

- изучение технологических особенностей технологического производства;
- обзор и анализ конструкций механизмов данного технологического участка;
- анализ условий работы и эксплуатации выбранного механизма;
- проведение прочностных расчётов деталей и узлов, определение запасов прочности;
- разработка карты осмотра и смазывания узлов механизма;
- разработка алгоритма развития повреждения узла механизма.

Рекомендуемый объем пояснительной записки по индивидуальному заданию – не более 20 страниц формата А4 (210´297 мм).

Объем учебной нагрузки при выполнении курсовой работы – 27 часов.

## **4 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

### **4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций**

*Составляющая компетенции – полнота знаний*

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы / ответы на два вопроса из трех полностью отсутствуют. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны не полные, не точные и аргументированные ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований. Допущено много грубых ошибок;
- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные

- ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;
- **средний уровень:** Даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
  - **продвинутый уровень:** даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
  - **высокий уровень:** даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

#### *Составляющая компетенции – умения*

- **нулевой уровень:** полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;
- **минимальный уровень:** слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу. Не ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;
- **пороговый уровень:** достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;
- **средний уровень:** в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- **продвинутый уровень:** в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- **высокий уровень:** Понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой зарубежный опыт, нормативно-правовые акты.

#### *Составляющая компетенции – владение навыками*

- **нулевой уровень:** не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- **минимальный уровень:** не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- **пороговый уровень:** владеет опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию на пороговом уровне. Трудовые действия выполняет медленно и некачественно;

- средний уровень: владеет средним опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Трудовые действия выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- продвинутый уровень: владеет опытом и достаточно выраженной личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия;
- высокий уровень: владеет опытом и выраженностью личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия.

#### *Обобщенная оценка сформированности компетенций*

- нулевой уровень: компетенции не сформированы;
- минимальный уровень: значительное количество компетенций не сформировано;
- пороговый уровень: все компетенции сформированы, но большинство на пороговом уровне;
- средний уровень: все компетенции сформированы на среднем уровне;
- продвинутый уровень: все компетенции сформированы на среднем или высоком уровне;
- высокий уровень: все компетенции сформированы на высоком уровне.

## **4.2 Вопросы к экзамену**

1. Виды, свойства и уровни моделей, задачи моделирования.
2. Критерии подобия при моделировании.
3. Аксиомы работоспособного состояния оборудования.
4. Классификация моделей и процессов.
5. Моделирование неисправностей подшипников качения - особенности конструкции.
6. Моделирование неисправностей подшипников качения – причинно-следственные связи между видами и причинами повреждений.
7. Моделирование неисправностей подшипников качения – расчет ресурса подшипника качения.
8. Моделирование неисправностей подшипников качения – типичные отказы и их причины.
9. Моделирование неисправностей подшипников качения – виды повреждений элементов.
10. Распределение внешней нагрузки в элементах подшипников качения.
11. Нарушение смазывания как причина отказов подшипников качения - неравномерное смазывание беговых дорожек двухрядных подшипников.
12. Нарушение смазывания как причина отказов подшипников качения - недостатки смазочного материала.
13. Нарушение смазывания как причина отказов подшипников качения - накопление продуктов износа в смазочном материале.
14. Нарушение смазывания как причина отказов подшипников качения - накоп-

- ление продуктов окисления смазочного материала в окнах сепараторов.
15. Виды механического износа – износ схватыванием первого рода.
  16. Виды механического износа – окислительный износ.
  17. Виды механического износа – износ схватыванием второго рода.
  18. Виды механического износа – осповидный износ.
  19. Виды механического износа – абразивный износ.
  20. Методы поиска неисправностей - основные концепции поиска неисправностей.
  21. Методы поиска неисправностей – сравнение с исправным механизмом.
  22. Методы поиска неисправностей – анализ влияния неисправности.
  23. Методы поиска неисправностей – проверка температуры элемента.
  24. Методы поиска неисправностей – внешний осмотр.
  25. Методы поиска неисправностей – метод замены.
  26. Классификация повреждений зубчатых передач – накопление усталостных повреждений.
  27. Классификация повреждений зубчатых передач – равномерность воздействия прикладываемых сил.
  28. Классификация повреждений зубчатых передач – взаимодействие контактирующих поверхностей.
  29. Классификация повреждений зубчатых передач – значение прикладываемой силовой нагрузки.
  30. Классификация повреждений зубчатых передач – взаимное расположение деталей.
  31. Классификация повреждений зубчатых передач – характер прикладываемой силовой нагрузки.
  32. Классификация повреждений зубчатых передач – неподвижность посадочных поверхностей зубчатого колеса и вала
  33. Классификация повреждений подшипников качения – виды механического износа.
  34. Классификация повреждений подшипников качения – определение действующих сил.
  35. Классификация повреждений подшипников качения – характер взаимодействия контактирующих поверхностей.
  36. Основные этапы моделирования – постановка задачи.
  37. Основные этапы моделирования – разработка модели.
  38. Основные этапы моделирования – компьютерный эксперимент.
  39. Основные этапы моделирования – анализ результатов моделирования.
  40. Методы поиска неисправностей – определение рабочих характеристик.
  41. Методы поиска неисправностей – моделирование.
  42. Методы поиска неисправностей – предварительная проверка элементов.
  43. Методы поиска неисправностей – разбиение на функциональные блоки.
  44. Методы поиска неисправностей – проверка режима работы.
  45. Методы поиска неисправностей – типовые неисправности.
  46. Основные причины снижения ресурса действующего оборудования.
  47. Изменение жесткости узлов механического оборудования.

48. Причины и следствия ослабления резьбовых соединений.
49. Основные причины снижения ресурса зубчатых муфт.
50. Основные причины снижения ресурса подшипников качения.
51. Закономерности износа вкладышей универсальных шарниров прокатных станов.
52. Последовательность развития повреждений сопрягаемых узлов механического оборудования.
53. Прогнозирование развития технических неисправностей.

### 4.3 Пример экзаменационного билета

|  |  |
|--|--|
| ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» |  |
| Программа подготовки::                                 | магистратура   |
|  | (бакалавриат, специалитет, магистратура)                           |
| Направление подготовки:                                | 15.04.02 Технологические машины и оборудование                     |
|  | (код, название)  |
| Направленность (профиль):                              | Инжиниринг и технический менеджмент металлургического оборудования |
|  | (название)   |
| Семестр:   | 1  |
| Учебная дисциплина:                                    | Моделирование неисправностей механического оборудования            |

#### БИЛЕТ № 1

1. Виды, свойства и уровни моделей, задачи моделирования.
2. Критерии подобия при моделировании.
3. Распределение внешней нагрузки в элементах подшипников качения.

Утверждено на заседании кафедры «Механическое оборудование заводов чёрной металлургии им. В.Я. Седуша»

Протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Еронько С.П. Экзаменатор \_\_\_\_\_ Сидоров В.А.

#### КРИТЕРИИ

##### оценивания экзаменационной работы

по дисциплине «Моделирование неисправностей механического оборудования»  
для обучающихся по специальности 15.04.02 Технологические машины и оборудование  
(Направленность (профиль) - Инжиниринг и технический менеджмент металлургического оборудования)

Экзамен проводится письменно по билетам. Билет содержит 3 вопроса, каждый из которых требует конкретного ответа, отвечающий сопровождает написанное поясняющей схемой (рисунком)

Вопросы охватывают теоретическую часть курса, а также требуют демонстрации практических навыков, полученных студентом в ходе практических занятий.

Правильный ответ на 1-й и 2-й вопрос оценивается в 15 баллов.

Правильный ответ на 3-й вопрос оценивается в 19 баллов.

Баллы снимаются, если в ответе на вопрос упущены какие-либо второстепенные моменты (до 2 баллов), допущены несущественные неточности (до 4 баллов), допущены суще-

ственные неточности при правильном ответе в целом (до 5 баллов), при недостаточном представлении материалов (баллы снимаются как процент недостающего материала с учетом его значимости). При отсутствии правильного ответа на поставленный вопрос студент получает 0 баллов.

Полученные баллы за ответы на вопросы билета суммируются и с учётом результатов текущего контроля работы студента выводится итоговая оценка по 100-балльной шкале.

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ECTS.

Утверждено на заседании кафедры «Механическое оборудование заводов чёрной металлургии» им. В.Я. Седуша

Протокол №\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Еронько С.П.

#### 4.4 Критерии оценивания

Оценивание уровня освоения студентом учебного материала дисциплины «Моделирование неисправностей механического оборудования» производится в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации (семестрового контроля).

**Текущий контроль** знаний студента очной формы обучения осуществляется по результатам практических занятий. Выполнение заданий на практических занятиях, предусмотренных рабочей программой дисциплины, является необходимым условием допуска студента к экзамену. **Текущий контроль** знаний студента заочной формы осуществляется в виде письменного опроса на 10 тестовых вопросов, по темам лекций, перед защитой курсового проекта. Каждый правильный ответ на тестовый вопрос оценивается в 10 баллов. Полученные баллы за ответы на вопросы билета суммируются и умножаются на весовой коэффициент 0,51.

Распределение баллов текущего контроля работы студента на протяжении семестра приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение баллов текущего контроля

| Форма контроля   | Возможное количество баллов | Примечание   |
|--|-----------------------------|--|
| Для студентов очной формы обучения                     |                             |  |
| Отчёт о выполнении задания на практическом занятии.    | 3                           | Задание выполнено правильно, решения обоснованы, приведен анализ полученного результата  |
|  | 2                           | Задание выполнено правильно, но есть неточности в обосновании принятых решений, возникли трудности в объяснении полученных результатов |
| Итого по практическим занятиям (максимально возможное) | 51                          | Из расчёта 17 аудиторных занятий для проведения практических занятий. Оценивается каждое занятие.                                      |
| <b>ИТОГО</b>   | <b>51</b>                   | Максимально возможное  |

| Форма контроля                       | Возможное количество баллов | Примечание  |
|--------------------------------------|-----------------------------|---|
| Для студентов заочной формы обучения |                             |   |
| Сдача тестов                         | 10                          | Правильный ответ на вопрос теста                          |
|                                      | <b>51</b>                   | Из расчёта 10 тестов с учетом весового коэффициента 0,51. |
| <b>ИТОГО</b>                         | <b>51</b>                   | Максимально возможное                                     |

**Промежуточная аттестация** по результатам освоения дисциплины в семестре проводится в форме семестрового экзамена. Форма проведения экзамена – письменная. Экзаменационный билет включает 3 теоретических вопроса. Распределение баллов по семестровому экзамену приведено в таблице 2.

Максимальное количество баллов за ответ на вопрос экзаменационного билета засчитывается студенту в случае, если ответ подтверждает владение студентом знаниями в полном объеме учебной программы, материал изложен в логической последовательности с выделением главного, содержит точные формулировки, сопровождается иллюстрирующими схемами и рисунками (при необходимости).

Баллы снимаются, если в ответе упущены какие-либо второстепенные моменты (до 2 баллов), допущены несущественные неточности (до 4 баллов), допущены существенные неточности при правильном ответе в целом (до 5 баллов), при недостаточном представлении материалов (баллы снимаются как процент недостающего материала с учетом его значимости). При отсутствии правильного ответа на поставленный вопрос студент получает 0 баллов.

Таблица 2 – Распределение баллов по семестровому экзамену

| Форма контроля                           |          | Максимально возможное количество баллов |
|--|----------|---|
| Ответ на вопросы экзаменационного билета | вопрос 1 | 15                                      |
|  | вопрос 2 | 15                                      |
|  | вопрос 3 | 19                                      |
| <b>ИТОГО</b>                             |          | <b>49</b>                               |

**Итоговая оценка** определяется путем суммирования количества баллов по результатам текущего контроля и количества баллов по результатам семестрового экзамена. **Максимально возможное количество баллов – 100.**

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ECTS:

| Сумма баллов по 100-балльной шкале | Оценка по шкале ECTS | Оценка по государственной шкале |
|------------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| 90-100                             | A                    | Отлично                         |
| 80-89                              | B                    | Хорошо                          |
| 75-79                              | C                    |                                 |
| 70-74                              | D                    |                                 |
| 60-69                              | E                    | Удовлетворительно               |
| 35-59                              | FX                   |                                 |
| 0-34                               | F*                   |                                 |
|                                    |                      | Неудовлетворительно             |

\* – с обязательным повторным изучением дисциплины.

#### 4.5. Пример текущего опроса на практических занятиях

Практическое занятие на тему «Виды механического износа». Вопросы при текущем опросе:

1. Причины возникновения и характер проявления износа схватыванием первого рода.
2. Причины возникновения и характер проявления окислительного износа.
3. Причины возникновения и характер проявления износа схватыванием второго рода.
4. Причины возникновения и характер проявления осповидного износа.
5. Причины возникновения и характер проявления абразивного износа.

#### 4.5 Курсовое проектирование

Учебным планом предусмотрено выполнение курсовой работы. Курсовая работа выполняется по индивидуальной теме.

Защита работа происходит перед комиссией, назначенной кафедрой. Комиссия заслушивает сообщение студента и знакомится с содержанием пояснительной записки.

Итоговая оценка по 100-балльной шкале определяется суммой баллов за следующие виды работ согласно таблице:

| Виды работ                         | Максимальное количество баллов |
|------------------------------------|--------------------------------|
| Выполнение расчетной части проекта | 55                             |
| Оформление пояснительной записки   | 15                             |
| Самостоятельность принятых решений | 10                             |
| Защита курсового проекта           | 15                             |
| <b>ИТОГО:</b>                      | <b>100</b>                     |

### 5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

#### I. Основная литература

1. Эксплуатация и обслуживание машин [Электронный ресурс]: учебник для вузов / В. М. Кравченко [и др.]; В.М. Кравченко, А.А. Ищенко, В.А. Сидоров, В.В. Буцукин; Приазов. гос. техн. ун-т. - 103 Мб. - Донецк: [б.и.], 2014. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. <http://ed.donntu.ru/books/cd3150.pdf>
2. Сидоров В.А. Эксплуатация гидропривода металлургических машин [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / В.А. Сидоров, Е.В. Ошовская, С.А. Бедарев ; ГВУЗ "ДонНТУ". - 14 Мб. - Донецк: [б.и.], 2015. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. - ISBN 978-966-374-255-7. <http://ed.donntu.ru/books/cd3154.pdf>
3. Максаров, В.В. Машины и оборудование: учебник / В.В. Максаров, А.В. Михайлов, С.Л. Иванов; под редакцией В.В. Максарова. – Санкт-Петербург: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2015. – 385 с. – ISBN 978-5-94211-740-5. – Текст : электронный // Электронно-



библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. – URL:  
<http://www.iprbookshop.ru/71697.html>

4. Раскатов, Е.Ю. Основы научных исследований и моделирования металлургических машин [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Е. Ю. Раскатов, В. А. Спиридонов ; Е.Ю. Раскатов, В.А. Спиридонов ; Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б.Н. Ельцина. - 5 Мб. - Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. <http://ed.donntu.ru/books/17/cd6681.pdf>

## **II. Дополнительная литература**

5. Войнов, К. Н. Имитационное моделирование в теории и на практике [Электронный ресурс] : учеб.- метод. пособие для вузов / К. Н. Войнов ; "Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики". - 1,5 Мб. - Санкт-Петербург : НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. <http://ed.donntu.ru/books/17/cd7031.pdf>
6. Ефанов, Д. В. Построение оптимальных алгоритмов поиска неисправностей в технических объектах [Электронный ресурс] : учебн. пособие для вузов / Д. В. Ефанов ; ФГБОУ ВПО "Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I". - 682 Кб. - Санкт-Петербург : ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2014. 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. <http://ed.donntu.ru/books/17/cd7578.pdf>

## **6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Учебно-методические издания, разработанные в ДонНТУ:**

7. Методические указания к проведению практических занятий по дисциплине «Моделирование неисправностей механического оборудования» [Электронный ресурс]: для студентов всех форм обучения направления подготовки 15.04.02 Технологические машины и оборудование / ГОУВПО «ДОННТУ», каф. механического оборудования заводов чёрной металлургии; сост.: В.А. Сидоров. – Донецк : ДОННТУ, 2022. – Систем. требования: Acrobat Reader. (доступ через личный кабинет студента).
8. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Моделирование неисправностей механического оборудования» : для студентов всех форм обучения направления подготовки 15.04.02 Технологические машины и оборудование / ГОУВПО «ДОННТУ», каф. механического оборудования заводов черной металлургии; сост.: В.А. Сидоров, М. Ю. Ткачев, Б.И. Стародубцев. – Донецк : ДОННТУ, 2019. (доступ через личный кабинет студента).
9. Методические указания к организации самостоятельной работы студента по дисциплине «Моделирование неисправностей механического оборудования» [Электронный ресурс]: для студентов всех форм обучения направления подготовки 15.04.02 Технологические машины и оборудование / ГОУВПО

«ДОННТУ», каф. механического оборудования заводов чёрной металлургии; сост.: В.А. Сидоров. – Донецк : ДОННТУ, 2022. – Систем. требования: Acrobat Reader. (доступ через личный кабинет студента).

## **7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1 Лекционные занятия:**

учебная аудитория №6.206 учебный корпус 6 для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. (мультимедийное оборудование: ноутбук, Операционная система Linux Ubuntu 18.04 (2018), LibreOffice 5.3.4 (2017), мультимедийный проектор, экран; специализированная мебель: доска аудиторная, парты; стенды, демонстрационные плакаты).

### **7.2 Практические занятия:**

учебная лаборатория, аудитория №6.204а учебный корпус 6 для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ). (мультимедийное оборудование: ноутбук, Операционная система Linux Ubuntu 18.04 (2018), LibreOffice 5.3.4 (2017), мультимедийный проектор, экран; специализированная мебель: доска аудиторная, столы аудиторные; стенды, демонстрационные плакаты).

### **7.3 Самостоятельная работа:**

помещения для самостоятельной работы с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации: читальные залы, учебные корпуса 2, 3 (Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС ДОННТУ) и электронно-библиотечную систему (ЭБС IPRbooks), а также возможностью индивидуального неограниченного доступа обучающихся в ЭБС и ЭИОС посредством Wi-Fi с персональных мобильных устройств. ОС- Microsoft Windows 7, OpenOffice 2.0.3 – общественная лицензия MPL 2.0/ Grub loader for ALT Linux - лицензия GNU LGPL v3/ Mozilla Firefox - лицензия MPL2.0, Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) - лицензия GNU GPL).