

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**  
в г. Губкине Белгородской области (ГФ НИТУ «МИСИС»)

рабочая программа утверждена  
решением Ученого совета  
НИТУ «МИСИС»  
от «28» июня 2024 г.  
протокол № 6.

## Рабочая программа дисциплины

# Надежность и диагностика электротехнических систем

Закрепленная кафедра	<b><u>Кафедра горного дела</u></b>
Направление подготовки	21.05.04 Горное дело
Специализация	Открытые горные разработки
Квалификация	<b><u>Горный инженер (специалист)</u></b>
Форма обучения	<b><u>Очная</u></b>
Общая трудоемкость	<b>5 ЗЕТ</b>

Часов по учебному плану	<u>108</u>
в том числе:	
аудиторные занятия	<u>36</u>
самостоятельная работа	<u>72</u>
часов на контроль	<u>-</u>
Семестр(ы) изучения	<u>6</u>

Формы контроля:  
Зачет в 6 семестре

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	6		Итого
	УП	РП	
Вид занятий			
Лекции	18	18	18
Практические	18	18	18
Сам. работа	72	72	72
Часы на контроль	-	-	-
Итого:	108	108	108

Год набора 2024.

Программу составил:  
Козырев Петр Иванович, к.т.н., доцент  
Должность, уч.ст., уч.зв ФИО полностью

\_\_\_\_\_ *подпись*

Рабочая программа дисциплины  
Надежность и диагностика электротехнических систем

разработана в соответствии с ОС ВО:  
Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования – уровень специалитета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по специальности 21.05.04 Горное дело (приказ от «02» апреля 2021 г. № 119 о.в.)

Выпуск 3:  
от 2 апреля 2021 г. № 119 о.в.

Составлена на основании учебного плана 2024 года набора:  
21.05.04 Горное дело, Открытые горные разработки, утвержденного Ученым советом ГФ НИТУ «МИСИС»  
28.06.2024 г., протокол № 6.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры

горного дела  
наименование кафедры

Протокол от «13» июня 2024 г. № 13

Зав. кафедрой ГД

\_\_\_\_\_ *подпись*

А.А. Казанцев

*И.О. Фамилия*

«13» июня 2024 г.

Руководитель ОПОП ВО  
Зав. кафедрой ГД, к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ *подпись*

А.А. Казанцев

*И.О. Фамилия*

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

**Цель дисциплины** –изучение вопросов, связанных с оценкой надежности электротехнических систем, и проведением испытаний на надежность, подготовка специалистов для обеспечения надежности систем электроснабжения горных предприятий, создание основы для теоретической и практической подготовки специалистов по вопросам обеспечения надежности.

**Задачи дисциплины:**

- формирование у студентов научного мышления и навыков решения конкретных инженерных задач с целью повышения надежности электроснабжения горного предприятия;
- освоение методами анализа эксплуатационной надежности, способами ее оценки и методами испытания, умение обобщать результаты теоретических и практических исследований с тем, чтобы использовать их на практике.

## 2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Часть ОПОП ВО (базовая, вариативная)		Вариативная
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающихся – предшествующие дисциплины (модули), практики и НИР	
2.1.1	Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика	
2.1.2	Математика 1	
2.1.3	Математика 2	
2.1.4	Математика 3	
2.1.5	Электротехника	
2.2	Дисциплины (модули), практики и НИР, для которых необходимо освоение данной дисциплины – последующие дисциплины (модули), практики и НИР	
2.2.1	Электроснабжение горного производства	
2.2.2	Автоматизированный электропривод машин и установок горного производства	
2.2.3	Производственная практика по получению профессиональных умений и навыков - 1	
2.2.4	Производственная практика по получению профессиональных умений и навыков - 2	
2.2.5	Производственная практика по получению профессиональных умений и навыков - 3	
2.2.6	Производственная практика по получению профессиональных умений и навыков - 4	
2.2.7	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.8	Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защите и процедуру защиты	

## 3. ИНДИКАТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ, СОВМЕЩЕННЫЕ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ОПК-16 Способен участвовать в исследованиях объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов	
Знать:	З-1. основы электроснабжения горных предприятий. З-2. способы обеспечения надежности горных машин и электротехнических систем на стадиях проектирования, изготовления, эксплуатации.
Уметь:	У-1. пользоваться технической и справочной литературой. У-2. оценивать надежность объектов горных машин/электротехнических систем в заданных условиях и режимах применения.
Владеть навыком:	Н-1. измерения электрических параметров и приемами проведения экспериментальных исследований электрических цепей и электротехнических устройств. Н-2. работы с электротехнической литературой, правовыми и нормативными документами и анализа информационных источников.
ПК-2 Способен выполнять проектирование отдельных систем и узлов горных машин	
Знать:	З-3. общие задачи эксплуатационной надежности и назначение диагностических работ. З-4. основные методы оценки надежности по данным испытаний оборудования
Уметь:	У-3. анализировать проектную документацию, позволяющую определить надежность работы электротехнической системы. У-4. составлять статистические и физические модели отказов в работе оборудования.
Владеть навыком:	Н-3. определения причины отказа обмоток электрических машин. Н-2. выбора технических средств для выполнения диагностики электрического оборудования.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр	Кол-во часов	Компетенции	Литература	Примечание
<b>1</b>	<b>Раздел 1. Основные положения и расчет надежности электротехнических систем</b>	<b>6</b>	<b>30</b>			
1.1	Задачи и основные положения надежности электротехнических систем <i>/лекция/</i>	6	2	ОПК-16 (3-1, 3-2)	Л1.1, Л.2.1	
1.2	Основные сведения из теории вероятностей и математической статистики и их применение в расчетах надежности <i>/лекция/</i>	6	2	ОПК-16 (3-1, 3-2)	Л1.1, Л.2.1	
1.3	Количественные показатели надежности электрооборудования <i>/лекция/</i>	6	2	ОПК-16 (3-1, 3-2)	Л1.1, Л.2.1	
1.4	Причины и факторы, влияющие на надежность элементов электроустановок <i>/лекция/</i>	6	2	ОПК-16 (3-1, 3-2)	Л1.1, Л.2.1	
1.5	Основные виды резервирования элементов электротехнических систем <i>/лекция/</i>	6	2	ОПК-16 (3-1, 3-2)	Л1.1, Л.2.1	
1.6	Методы повышения надежности электрооборудования электротехнических систем <i>/лекция/</i>	6	2	ОПК-16 (3-1, 3-2)	Л1.1, Л.2.1	
1.7	Определение количественных характеристик надежности по статистическим данным об отказах <i>/практика/</i>	6	2	ОПК-16, ПК-2 (У-1,У-3,Н-2,Н-4)	Л1.1, Л.2.1 Л.3.1	
1.8	Аналитическое определение количественных характеристик надежности. <i>/практика/</i>	6	4	ОПК-16, ПК-2 (У-1,У-3,Н-2,Н-4)	Л1.1, Л.2.1 Л.3.1	
1.9	Расчет надежности при последовательном соединении элементов в систему <i>/практика/</i>	6	4	ОПК-16, ПК-2 (У-1,У-3,Н-2,Н-4)	Л1.1, Л.2.1 Л.3.1	
1.10	Расчет надежности электротехнической системы с постоянным резервированием <i>/практика/</i>	6	4	ОПК-16, ПК-2 (У-1,У-3,Н-2,Н-4)	Л1.1, Л.2.1 Л.3.1	
1.11	Расчет надежности электротехнической системы при резервировании замещением <i>/практика/</i>	6	4	ОПК-16, ПК-2 (У-1,У-3,Н-2,Н-4)	Л1.1, Л.2.1 Л.3.1	
<b>2</b>	<b>Методы диагностирования технического состояния электрооборудования</b>	<b>6</b>	<b>6</b>			
2.1	Основные понятия и положения технической диагностики. <i>/лекция/</i>	6	2	ОПК-16 (3-1, 3-2)	Л 1.1, Л.2.1	
2.2	Основные методы неразрушающего контроля. Тепловые методы контроля. Контроль параметров электротехнического масла.	6	2	ОПК-16 (3-1, 3-2)	Л 1.1, Л.2.1	

	/лекция/					
2.3	Основные методы неразрушающего контроля. Электрические методы контроля. Магнитные методы. Радиационные методы контроля /лекция	6	2	ОПК-16 (3-1, 3-2)	Л 1.1, Л.2.1	
<b>3</b>	<b>Самостоятельная работа студента</b>	<b>6</b>	<b>90</b>			
3.1	Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса	6	20	ОПК-16, ПК-2 (У-1,У-3,Н-2,Н-4)	Л 1.1, Л 2.1	
3.2	Подготовка выступлений, рефератов, сообщений, докладов по заданным темам	6	20	ОПК-16, ПК-2 (У-1,У-3,Н-2,Н-4)	Л 1.1, Л 2.1	
3.3	Выполнение домашнего задания на темы для самостоятельной проработки: 1. Определение количественных характеристик надежности по статистическим данным об отказах. 2. Аналитическое определение количественных характеристик надежности. 3. Расчет надежности при последовательном соединении элементов в системе. 4. Расчет надежности электротехнической системы с постоянным резервированием.	6	0	ОПК-16, ПК-2 (У-1,У-3,Н-2,Н-4)	Л 1.1, Л 2.1 Л.3.1	
3.4	Выполнение и защита контрольной работы на тему "Расчет надежности электротехнической системы с различными способами резервирования"	6	20	ОПК-16, ПК-2 (У-1,У-3,Н-2,Н-4)	Л 1.1, Л 2.1 Л.3.2	

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### Контрольные вопросы для самостоятельной подготовки к текущей аттестации

**Контрольные вопросы для самостоятельной подготовки к промежуточной аттестации (материалы для оценки знаний ОПК-16 3-1, 3-2, ; ПК-2 3-3, 3-4)**

1. Понятия надежности, безотказности, долговечности, ремонтпригодности оборудования.
2. Понятия исправности и работоспособности, предельного состояния и повреждения.
3. Понятия отказа, внезапного отказа, постоянного отказа, независимого, перемежающегося отказа.
4. Понятия системы и элемента, восстанавливаемого и невосстанавливаемого объекта.
5. Особенности структурного и функционального расчета надежности.
6. Этапы формирования надежности объекта, особенности надежности устройств системы электроснабжения.
7. Вероятность безотказной работы объекта.
8. Зависимость интенсивности отказа от наработки.
9. Виды восстанавливаемых объектов, их описание и параметры.
10. Понятия потока отказов.
11. Понятие надежности объекта с конечным временем восстановления.
12. Понятия параметра потока восстановлений.
13. Оценка показателей надежности восстанавливаемых объектов.
14. Параметрический расчет надежности протяженных объектов.
15. Влияние резервирования на надежность работы объекта.
16. Активное резервирование, достоинства и недостатки.
17. Особенности пассивного резервирования с перераспределением нагрузки.
18. Особенности скользящего резервирования в устройствах электроснабжения.
19. Показатели эффективности функционирования систем электроснабжения.
20. Анализ эксплуатационной надежности устройств электроснабжения.
21. Влияние надежности на работу горного предприятия.
22. Риск отказа оборудования в системе электроснабжения.

23. Эксплуатационная надежность объектов систем электроснабжения.
24. Причины отказа оборудования систем электроснабжения.
25. Повреждения, старения и износ оборудования.
26. Методы повышения эксплуатационной надежности систем электроснабжения.
27. Влияние технического обслуживания на надежность электроснабжения.
28. Стратегия развития технического обслуживания на надежность электроснабжения.
29. Прямые и обратные задачи диагностирования технического состояния электрического оборудования.
30. Алгоритм диагностирования технического состояния электрического оборудования.
31. Критерий оценки технического состояния электрического оборудования.
32. Критерии оценки технического состояния электросилового оборудования.
33. Поиск места отказа в электросиловом оборудовании.
34. Совокупность параметров контроля работоспособности электроприводов, коммутационных аппаратов.
35. Структура систем диагностики технического состояния электрических объектов.
36. Система диагностического состояния.
37. Диагностика силового трансформатора.
38. Диагностика выключателя высокого напряжения.
39. Диагностика состояния кабельной линии.
40. Диагностика состояния воздушной линии.
41. Диагностика системы охлаждения силового трансформатора.
42. Диагностика состояния заземляющих устройств.
43. Диагностика состояния трансформаторного масла.
44. Диагностика устройств защиты электрооборудования.
45. Диагностика электрического оборудования на электромагнитную совместимость.

**Вопросы для проверки умений и навыков:**

1. Найти среднее время восстановления линии электропередачи если зарегистрировано 20 отказов: из них изоляторов – 8, опор – 2, проводов – 4, предохранителей – 6. (ОПК-16 У-1, Н-1; ПК-2 У-3, Н-3).
2. Определить коэффициент технического использования распределительных сетей в которых их суммарная наработка за год составила 7400 часов, суммарное время ремонта составила 480 часов и суммарное время технического обслуживания составило 880 часов. Определить коэффициент готовности ремонтируемого электрического приемника, если интенсивность отказов подчиняется экспоненциальному закону с интенсивностью  $\lambda = 0,2 \cdot 10^{-2} \text{ ч}^{-1}$  Среднее время ремонта  $T_{\text{в}} = 17,6 \text{ ч}$ . (ОПК-16 У-1, Н-1; ПК-2 У-3, Н-3).
3. Определите вероятность безотказной работы системы без резервирования, если система состоит из четырех последовательно соединенных элементов с вероятностью безотказной работы каждого  $p_i(t)=0.9$  (ОПК-16 У-1, Н-1; ПК-2 У-3, Н-3).
4. Определите коэффициент готовности если средняя наработка на отказ 200 ч, а среднее время восстановления при внеплановых ремонтах – 16 ч. (ОПК-16 У-1, Н-1; ПК-2 У-3, Н-3).
5. Определите коэффициент восстановления, если на восстановление одного узла ушло 4 ч, а на восстановление всего изделия 16 ч? (ОПК-16 У-1, Н-1; ПК-2 У-3, Н-3).
6. Определите коэффициент технического использования, если время пребывания объекта в работоспособном состоянии составляет 180 ч, а время из-за простоев и технического обслуживания составляет 20 ч. (ОПК-16 У-1, Н-1; ПК-2 У-3, Н-3).
7. Определите коэффициент восстановления, если на восстановление одного узла системы электроснабжения ушло 4 ч, а на восстановление всего изделия 16 ч (ОПК-16 У-1, Н-1; ПК-2 У-3, Н-3).
8. Автоматический выключатель имеет экспоненциальный закон распределения наработки до отказа. Определить вероятность безопасной работы электромеханического изделия в течение наработки  $t$ , равной середине времени до отказа. (ОПК-16 У-1, Н-1; ПК-2 У-3, Н-3).
9. Система диспетчерской связи энергосистемы имеет 5 каналов. В систему поступает простейший поток заявок с плотностью  $\lambda = 4$  вызова в минуту. Средняя продолжительность разговора 3 минуты. Определить вероятность заставить систему связи занятой (ОПК-16 У-1, Н-1; ПК-2 У-3, Н-3).

**Темы для рефератов:**

1. Тепловые методы контроля электрооборудования.
2. Диагностика маслonaполненного электрооборудования.
3. Электрические методы неразрушающего контроля электрооборудования.
4. Вибродиагностика электрооборудования.
5. Магнитная диагностика электрооборудования.
6. Акустические методы контроля электрооборудования.
7. Радиационные методы диагностики электрооборудования.

**Перечень работ, выполняемых в процессе изучения дисциплины**

1. Реферат один из перечня представленный в данной РПД.
2. Домашние задания №1 - №4 согласно данной РПД
3. Контрольная работа согласно "Методическим указаниям по выполнению контрольной работы"

**Оценочные материалы (оценочные средства), используемые для экзамена**

Экзамен не предусмотрен

<b>Методика оценки результатов обучения по дисциплине</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Требования к оцениванию в соответствии с учебным планом: экзамен в 6 семестре.</li> <li>• Система оценивания, используемая преподавателем для текущей оценки успеваемости - балльно-рейтинговая:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- посещение занятий – 1 балл за 1 занятие (всего 18 занятий), итого не более 18 баллов;</li> <li>- выполнение практических работ – 22 балла;</li> <li>- выполнение домашнего задания – 30 баллов;</li> <li>- выполнение контрольной работы – 30 баллов ;</li> <li>- выполнение и защита реферата – 30</li> </ul> </li> </ul>	<p>ИТОГО не более 100 баллов в семестре.</p>

<b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ, НИР)</b>				
<b>6.1. Рекомендуемая литература</b>				
<b>6.1.1 Основная литература</b>				
Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 1.1	Хошмухамедов И.М.	Эксплуатационная надежность и техническая диагностика электросилового оборудования	ГФ НИТУ «МИСИС»	Москва : Московский государственный горный университет, 2010. – 307 с.: ил. ISBN 978-5-98672-184-2
<b>6.1.2 Дополнительная литература</b>				
Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 2.1	В.Я. Хорольский, М. А. Таранов	Надежность электроснабжения	ГФ НИТУ «МИСИС»	Москва.: ФОРУМ.: ИНФРА-М, 2014. – 128 с. ISBN 978-5-911.34-796-3 (ФОРУМ)
<b>6.1.3 Методические материалы</b>				
Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Козырев П.И.	Надежность и диагностика электротехнических систем: Методические указания к выполнению практических работ	ГФ НИТУ «МИСИС»	ГФ НИТУ «МИСИС» 2022
Л.3.2	Козырев П.И.	Надежность и диагностика электротехнических систем: Методические указания к выполнению контрольной работы	ГФ НИТУ «МИСИС»	ГФ НИТУ «МИСИС» 2022
<b>6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»</b>				
Э 1	<a href="http://www.google.ru">www.google.ru</a>			
<b>6.3. Перечень программного обеспечения</b>				
П 1	Office Professional Plus 2016			
П 2	Windows Professional 10			
П 3				
<b>6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных</b>				
И 1				
И2				

<b>7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ, НИР)</b>	
7.1	Ауд. 116. Лекционная аудитория. Аудитория для проведения лабораторных и практических работ.

	<p>Перечень основного оборудования, учебно-наглядных пособий:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Лабораторный стенд «Электробезопасность» – 1 шт.;</li> <li>2. Лабораторный стенд «Электроснабжение промышленных предприятий» – 1 шт.;</li> <li>3. Лабораторный стенд «Монтаж и наладка электрооборудования предприятий и гражданских зданий» – 1 шт.;</li> <li>4. Лабораторный стенд «Энергосберегающие технологии. Электроснабжение с МПСО» – 1 шт.</li> <li>5. Комплект мультимедийной аппаратуры: <ul style="list-style-type: none"> <li>– системный блок;</li> <li>– мультимедиа-проектор NEC</li> </ul> </li> <li>6. Комплект учебной мебели на 36 посадочных мест.</li> </ol>
--	---

#### **8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ, НИР)**

При изучении Раздела 1 дисциплины необходимо усвоить основные понятия и термины по надежности и диагностики электротехнических систем. Научиться определять надежность схем электроснабжения, как электротехнической системы.

При изучении Раздела 2 дисциплины необходимо уметь давать оценку надежности по данным испытаний и эксплуатации. Знать основные методы оценки надежности по данным испытаний и по данным эксплуатации.

При изучении Раздела 3 дисциплины необходимо усвоить основные понятия отказа электросилового оборудования, рассмотреть вопросы, касающиеся отказов различного электросилового оборудования.

В Разделе 4 необходимо освоить вопросы по методам повышения эксплуатационной надежности электрического оборудования.

В разделе 5 необходимо изучить методы диагностирования технического состояния электросилового оборудования. Необходимо знать что такое прямые и обратные задачи диагностирования технического состояния электрооборудования, критерии оценки технического состояния оборудование систем электроснабжения.

В разделе 6 ознакомиться с методами построения диагностической модели электрооборудования горных предприятий, овладеть методами диагностики технического состояния оборудования. Необходимо знать структуру систем диагностики технического состояния.