

**«Национальный исследовательский технологический университет
«МИСИС»**

в г. Губкине Белгородской области (ГФ НИТУ «МИСИС»)

рабочая программа утверждена
решением Ученого совета
ГФ НИТУ «МИСИС»
от «26» июня 2026 г.
протокол № 5

Рабочая программа дисциплины
Цифровые технологии управления
энергоэффективностью предприятий

Закрепленная кафедра	<u>Кафедра горного дела</u>
Специальность/Направление подготовки	21.05.04 Горное дело
Квалификация	<u>Горный инженер (специалист)</u>
Форма обучения	<u>Очная</u>
Общая трудоемкость	7 ЗЕТ
Часов по учебному плану	<u>252</u>
в том числе:	
аудиторные занятия	<u>72</u>
самостоятельная работа	<u>162</u>
часов на контроль	<u>18</u>
Семестр(ы) изучения	<u>10</u>

Формы контроля в семестре:

экзамен в 10 семестре

курсовая работа в 10 семестре

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	10		Итого
Вид занятий	УП	РП	
Лекции	36	36	36
Практические	36	36	36
Контактная работа	72	72	72
Сам. работа	162	162	162
Часы на контроль	18	18	18
Итого:	252	252	252

Год набора 2026

Программу составил:
Тараненко Максим Евгеньевич, к.т.н., доцент,
Должность, уч.ст., уч.зв ФИО полностью

подпись

Рабочая программа дисциплины
Цифровые технологии управления энергоэффективностью предприятий

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 2026 года набора:
21.05.04 Горное дело, утвержденного Ученым советом ГФ НИТУ «МИСИС» 26.06.2026г., протокол №5.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
горного дела
наименование кафедры

Протокол от «18» июня 2026 г. № 8

Зав. кафедрой ГД

подпись

Д.В. Ермолаев
И.О. Фамилия

«18» июня 2026 г.

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

подпись

Д.В. Ермолаев
И.О. Фамилия

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ	
Цель дисциплины – формирование у студентов системных знаний и практических навыков в области применения цифровых технологий для повышения энергоэффективности промышленных предприятий, включая сбор, обработку и анализ энергетических данных, моделирование, оптимизацию и управление энергопотреблением с использованием современных программно-аппаратных комплексов. Задачи дисциплины: 1. Освоение принципов построения и функционирования цифровых систем мониторинга и управления энергоэффективностью. 2. Изучение методов сбора, хранения и обработки больших данных об энергопотреблении (HoT, SCADA, исторические базы данных). 3. Формирование навыков построения цифровых двойников энергетических систем предприятия. 4. Овладение методами анализа и оптимизации энергопотребления с использованием машинного обучения и искусственного интеллекта. 5. Изучение подходов к автоматизации энергетического менеджмента в соответствии с ISO 50001. 6. Развитие способности разрабатывать и внедрять цифровые решения для управления энергоэффективностью на горных предприятиях.	

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Часть ОПОП ВО (обязательная, вариативная)	
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающихся предшествующие дисциплины (модули), практики и НИР
2.1.1	Математика
2.1.2	Информатика
2.1.3	Базы данных
2.1.4	Электротехника
2.1.5	Теория автоматического управления (альтернативная дисциплина)
2.2	Дисциплины (модули), практики и НИР, для которых необходимо освоение данной дисциплины последующие дисциплины (модули), практики и НИР
2.2.1	Научно-исследовательская работа
2.2.2	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.3	Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защите и процедуру защиты

3. ИНДИКАТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ, СОВМЕЩЕННЫЕ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	
ОПК-7: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности, работать с программным обеспечением общего, специального назначения, а также моделировать горно-геологические объекты	
Знать:	З-1 Основы цифровых технологий сбора, передачи, хранения и обработки информации об энергопотреблении. Принципы построения систем промышленного интернета вещей (IIoT) и SCADA.
Уметь:	У-1 Применять современное программное обеспечение для мониторинга и анализа энергоэффективности (MES, EAM, энергетические BIM-модели). Строить цифровые модели энергосистем.
Владеть навыком:	Н-1 Навыками работы с базами данных энергетической информации, использования облачных платформ для управления энергоэффективностью, визуализации энергопотоков.
ПК-4: Способен решать организационно-управленческие задачи в области профессиональной деятельности	
Знать:	З-1 Методы планирования, организации и контроля энергоэффективности на предприятии с использованием цифровых инструментов. Нормативно-правовую базу в области энергосбережения.
Уметь:	У-1 Разрабатывать и внедрять цифровые системы энергетического менеджмента, оценивать экономическую эффективность цифровых решений.
Владеть навыком:	Н-1 Навыками формирования отчетности по энергоэффективности, проведения энергетических обследований с использованием цифровых средств

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ						
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр	Кол-во часов	Компетенции	Литература	Примечание
1	Раздел 1. Теоретический	10	36			
1.1	Цифровая трансформация энергетики. Основные понятия и определения. /лекция/	10	2	ОПК-7: 3-1; ПК-4: 3-1	Л 1.1, Л 1.2, Л 2.1	
1.2	Промышленный интернет вещей (IIoT) для энергомониторинга. Датчики, контроллеры, сети передачи данных. /лекция/	10	4	ОПК-7: 3-1	Л 1.1, Л 2.2	
1.3	SCADA-системы в управлении энергоэффективностью. Функции и архитектура. /лекция/	10	4	ОПК-7: 3-1; ПК-4: 3-1	Л 1.2, Л 2.3	
1.4	Системы сбора и хранения данных о энергопотреблении (исторические базы данных, Data Lake). /лекция/	10	4	ОПК-7: 3-1	Л 1.1, Л 2.1	
1.5	Цифровые двойники (Digital Twin) энергетических систем: понятие, уровни, инструменты создания. /лекция/	10	6	ОПК-7: 3-1, Н-1	Л 1.2, Л 2.2, Л 2.4	
1.6	Машинное обучение и искусственный интеллект для прогнозирования и оптимизации энергопотребления. /лекция/	10	6	ОПК-7: У-1; ПК-4: У-1	Л 1.1, Л 2.3	
1.7	Энергетический менеджмент и цифровые KPI. Стандарт ISO 50001 в цифровой среде. /лекция/	10	4	ПК-4: 3-1, У-1	Л 1.2, Л 2.1	
1.8	Оценка экономической эффективности внедрения цифровых технологий энергоэффективности. /лекция/	10	4	ПК-4: У-1, Н-1	Л 1.1, Л 2.5	
1.9	Информационная безопасность систем управления энергоэффективностью. /лекция/	10	2	ОПК-7: 3-1	Л 2.2	
2	Раздел 2. Практический	10	36			
2.1	Работа с реальными данными энергопотребления (извлечение, очистка, визуализация). /практика/	10	6	ОПК-7: У-1, Н-1	Л 1.1, Л 2.1	
2.2	Настройка панели мониторинга энергопоказателей в SCADA-системе (MasterSCADA, Trace Mode и др.). /практика/	10	6	ОПК-7: У-1, Н-1	Л 1.2, Л 2.2	
2.3	Построение цифрового двойника отдельного энергообъекта (на примере компрессорной или насосной станции). /практика/	10	8	ОПК-7: Н-1; ПК-4: У-1	Л 2.3, Л 2.4	
2.4	Прогнозирование электропотребления с использованием методов регрессии и нейронных сетей (Python, R, MATLAB). /практика/	10	8	ОПК-7: У-1, Н-1	Л 1.1, Л 2.3	
2.5	Разработка цифрового паспорта энергоэффективности участка предприятия. /практика/	10	4	ПК-4: У-1, Н-2	Л 2.5	
2.6	Оценка эффективности инвестиций в цифровые проекты энергосбережения (NPV, IRR, срок окупаемости). /практика/	10	4	ПК-4: У-1, Н-1	Л 1.2, Л 2.5	
3	Самостоятельная работа студента	10	162			
3.1	Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по темам лекционных и практических занятий, подготовка к защите практических работ.	10	40	ОПК-7: 3-1; ПК-4: 3-1	Л 1.1, Л 1.2, Л 2.1–Л 2.5	
3.2	Оформление практических работ в семестре.	10	40	ОПК-7: Н-1; ПК-4: Н-1		
3.3	Выполнение ИДЗ (индивидуальное задание – разработка модуля цифрового мониторинга энергоэффективности для заданного типа производства).	10	42	ОПК-7: У-1, Н-1; ПК-4: У-1, Н-1	Л 2.3, Л 2.4	
3.4	Выполнение курсовой работы	10	40	ОПК-7: У-1, Н-1; ПК-4: У-1, Н-1	Л 1.1, Л 1.2, Л 2.1–Л 2.5	
4	Контроль	10	18			

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Контрольные вопросы для самостоятельной подготовки к промежуточной аттестации (ОПК-7: 3-1; ПК-4: 3-2)

1. Дайте определение цифровых технологий управления энергоэффективностью. Перечислите основные элементы такой системы.
2. Назовите и охарактеризуйте уровни промышленного интернета вещей (IIoT) применительно к энергомониторингу.
3. Какие функции выполняет SCADA-система в управлении энергоэффективностью? Приведите примеры.
4. Что такое цифровой двойник энергосистемы? Какие задачи он решает?
5. Опишите типовую архитектуру системы сбора и хранения данных об энергопотреблении.
6. Какие методы машинного обучения применяются для прогнозирования энергопотребления?
7. Как стандарт ISO 50001 интегрируется с цифровыми платформами?
8. Какие ключевые показатели эффективности (KPI) используются в цифровом энергоменеджменте?
9. Методика оценки экономической эффективности внедрения цифровых решений для энергосбережения.
10. Какие угрозы информационной безопасности характерны для систем управления энергоэффективностью и способы их минимизации.

Вопросы для проверки умений и навыков:

Тесты (ОПК-7: 3-1; ПК-4: 3-2):

1. Какой протокол наиболее часто используется для сбора данных с интеллектуальных счетчиков электроэнергии в промышленности?
 - a) HTTP
 - b) Modbus
 - c) FTP
 - d) SNMP
2. Что означает термин «Digital Twin» в энергетическом менеджменте?
 - a) Виртуальная копия энергосистемы, обновляемая в реальном времени
 - b) Традиционная бумажная схема энергоснабжения
 - c) Облачное хранилище показаний счетчиков
 - d) Программа для 3D-печати деталей
3. Какой метод прогнозирования энергопотребления относится к методам машинного обучения?
 - a) Экспертная оценка
 - b) Метод скользящей средней
 - c) Нейронная сеть
 - d) Нормативный метод
4. Какой стандарт регламентирует систему энергетического менеджмента?
 - a) ISO 9001
 - b) ISO 14001
 - c) ISO 50001
 - d) ISO 27001
5. Что из перечисленного является примером цифрового KPI энергоэффективности?
 - a) Удельный расход электроэнергии на тонну продукции (автоматически рассчитываемый)
 - b) Общее количество сотрудников
 - c) Годовая выручка предприятия
 - d) Срок службы оборудования
6. Какой элемент системы IIoT отвечает за первичную обработку и передачу сигналов с датчиков?
 - a) Умный датчик (smart sensor)
 - b) Пограничный шлюз (edge gateway)
 - c) Облачная платформа
 - d) MES-система
7. Что позволяет оценить показатель «CO₂ footprint» в цифровой системе энергомониторинга?
 - a) Финансовые затраты на электроэнергию
 - b) Углеродный след от потребляемой энергии
 - c) Температуру оборудования
 - d) Напряжение в сети

8. Какой подход используется для обнаружения аномалий в энергопотреблении?

- a) Статистический контроль (методы кластеризации, изоляционный лес)
- b) Ручное сравнение с прошлым месяцем
- c) Фотографирование шкалы прибора
- d) Опрос персонала

9. Что такое «энергетический дашборд»?

- a) Интерактивная панель визуализации энергетических показателей в реальном времени
- b) Печатный отчет для руководства
- c) Акт о разграничении балансовой принадлежности
- d) Программа для энергоаудита

10. Какая система позволяет автоматизировать расчет и распределение лимитов энергопотребления по цехам?

- a) ERP (SAP, 1C)
- b) CAD
- c) BIM
- d) CAM

Практические задания (ОПК-7: У-1, Н-1; ПК-4: У-2, Н-2):

Практическое задание.

Построение прогнозной модели энергопотребления.

Исходные данные: временной ряд почасового потребления электроэнергии цехом за последние 12 месяцев, данные о температуре наружного воздуха, производственном графике.

Цель задания:

Построить модель прогнозирования потребления на следующие 24 часа с использованием одного из методов машинного обучения (линейная регрессия, случайный лес, LSTM). Оценить точность (MAE, MAPE).

Порядок выполнения:

1. Загрузка и первичный анализ данных (Python/Pandas).
2. Выбор и обучение модели.
3. Оценка качества и визуализация.
4. Разработка простого интерфейса для ввода внешних факторов и получения прогноза (Jupyter Notebook или Streamlit).

Доклад. Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо 30 минут, в течение которых он должен подготовить доклад. При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования техническими средствами для демонстрации презентации.

При проверке практического задания, оцениваются: - последовательность и рациональность выполнения; - знания технологий, использованные при решении задания.

Примерный перечень тем докладов (с презентацией):

1. «Обзор платформ промышленного интернета вещей для энергомониторинга (Siemens MindSphere, PTC ThingWorx, отечественные аналоги)».
2. «Цифровые двойники энергосистем горных предприятий: кейсы внедрения».
3. «Применение нейронных сетей для краткосрочного прогнозирования электропотребления».
4. «Информационная безопасность систем сбора данных об энергопотреблении».
5. «Опыт внедрения автоматизированной системы учета энергоресурсов на горно-обогатительном комбинате».
6. «Стандарт ISO 50001 и цифровые инструменты: как автоматизировать энергоменеджмент».
7. «Экономическое обоснование перехода на цифровой мониторинг энергоэффективности».
8. «Использование блокчейна для учета и верификации энергосбережения».
9. «Прогнозирование пиковых нагрузок с помощью методов машинного обучения».
10. «Сравнительный анализ SCADA-систем для задач управления энергоэффективностью».

Формирование умений и навыков проверяется так же при защите курсовой работы.

Перечень работ, выполняемых в процессе изучения дисциплины (модуля, практики, НИР)

1. Курсовая работа на тему «Анализ и визуализация показателей энергоэффективности технологического участка горного предприятия» (по вариантам). Для выполнения графической части и оформления пояснительной записки рекомендуется использовать программное обеспечение Microsoft Office (П2). Объем пояснительной записки - 20-25 листов формата А4 (10 семестр).
2. Выполнение практических работ из перечня в разделе 4.

3. Доклад с презентацией по заданной теме (по вариантам). Программное обеспечение: Power Point (или аналог).
4. Тестирование №1, №2, №3 по разделам 1, 2, 3 (не более 45 минут).
5. Индивидуальное домашнее задание (ИДЗ): разработка модуля цифрового мониторинга энергоэффективности.
Оценочные материалы (оценочные средства), используемые для экзамена
Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса (по разделам дисциплины) и одну практическую задачу (расчёт показателей, построение модели, анализ данных). Билеты хранятся на кафедре и утверждены заведующим кафедрой.
Методика оценки результатов обучения по дисциплине (модулю, практике, НИР)
- Требования к оцениванию в соответствии с учебным планом: экзамен в 10 семестре, курсовой работы в 10 семестре. - Система оценивания – балльно-рейтинговая: - Посещение лекций – 0,5 балла за одно занятие (всего 36 часов), итого не более 18 баллов. - Выполнение практических работ – по 5 баллов за каждую (6 работ) – 30 баллов. - Выполнение ИДЗ – 20 баллов. - Всего за работу в семестре: 68 баллов. - Экзамен (тест + задача) – 32 балла. - ИТОГО: 100 баллов. - Условие допуска к экзамену – наличие не менее 40 баллов семестровой работы. - Методика расчета оценки на экзамене: - Не менее 60 баллов суммарно (с учётом семестровых) – «удовлетворительно». 75–89 баллов – «хорошо». 90–100 баллов – «отлично». - Условие допуска к защите курсовой работы – наличие законченной курсовой работы – 60 баллов. - Оценка за защиту курсовой работы. - Ответы на вопросы при защите курсовой работы оцениваются в 40 баллов. Задается не менее 4 вопросов.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ				
6.1. Рекомендуемая литература				
6.1.1 Основная литература				
Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 1.1	Е.А. Федоров, А.В. Смирнов	Цифровые технологии в энергетике: IoT, SCADA, цифровые двойники	Цифровой образовательный ресурс IPR SMART	М.: Энергоатомиздат, 2023
Л 1.2	Д.С. Иванов, М.Ю. Зайцев	Управление энергоэффективностью промышленных предприятий на основе цифровых платформ	Цифровой образовательный ресурс IPR SMART	СПб: Лань, 2024
6.1.2 Дополнительная литература				
Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 2.1	К.В. Новиков, А.П. Козлов	Промышленный интернет вещей: сбор и анализ данных	IPR SMART	М.: ДМК Пресс, 2022
Л 2.2	Siemens AG	Цифровые двойники: от концепции до внедрения	открытый доступ	Siemens, 2023
Л 2.3	О.Б. Масленников, С.А. Гришин	Машинное обучение в задачах энергетики	IPR SMART	Новосибирск: НГТУ, 2023
Л 2.4	В.А. Шубин, Е.С. Морозова	Моделирование энергосистем горных предприятий	IPR SMART	Екатеринбург: УГТУ, 2024
Л 2.5	Н.П. Кузьмин	Экономика энергоэффективности и цифровые инвестиции	IPR SMART	М.: ИНФРА-М, 2025
6.1.3 Методические материалы				
Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»				

Э 1	www.google.ru
Э 2	lms.misis.ru – LMS Moodle НИТУ «МИСИС»
6.3. Перечень программного обеспечения	
П 1	Office Professional Plus 2016
П 2	Python (с библиотеками pandas, scikit-learn, tensorflow)
П 3	MATLAB/Simulink (для моделирования)
П 4	MasterSCADA 4D / Trace Mode (учебные версии)
П 5	Система управления базами данных PostgreSQL
6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных	
И 1	Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU» Договор № P97-2025/499 от 18.11.2025г. (НЭБ (ООО))
И 2	Электронно-библиотечная система «IPRSMART» Лицензионный договор № 13053/25П/86 от 19.09.2025г. (ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа»)
И 3	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека» ONLINE. Договор № P97-2025/471 от 06.11.2025г. (ООО «Современные цифровые технологии»)
7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ, НИР)	
7.1	Ауд. 410. Лекционная аудитория. 1. Мультимедийная доска ACTIVboard 387Pro
7.2	Ауд. 212. Компьютерный класс. Аудитория для практических занятий. 1. Персональный компьютер в сборе FOX MIMO-65090: – системный блок iRu Home412 – 13 шт.; – монитор АОС – 13 шт. 2. Комплект мультимедийной аппаратуры: – мультимедиа-проектор Panasonic PT- LB30NTE; – экран на штативе Projecta Pro View.
7.3	Ауд. 219. Компьютерный класс. Аудитория для практических занятий. 1. Комплект мультимедийной аппаратуры: – мультимедиа-проектор Mitsubishi Ex200u; – экран; 2. Системный блок Intel – 13 шт.; 3. Монитор LG – 13 шт
7.4	Ауд. 217 Кабинет для самостоятельной работы и курсового проектирования 1. Компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет": – системный блок Intel Core2Duo E7500 (2,93 GHz, 3072Kb, 1066MHz, LGA775) – 11 шт.; – монитор 20" LED LCD AOS e2043Fs – 11 шт. 2. Плоттер HP DesignJet500;

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	
Учебная работа студентов по изучению дисциплины базируется на аудиторных и внеаудиторных занятиях. Аудиторные занятия состоят из лекций и практических занятий, которые проводятся по расписанию. Внеаудиторная (самостоятельная) работа предусматривает изучение теоретических основ дисциплины по учебникам и научно-технической литературе. В программе дисциплины приведено наименование и содержание тем, подлежащих изучению. Темы дисциплины, которые студенты должны изучить самостоятельно, указаны в разделе «Самостоятельная работа». Для самостоятельной работы студентам предоставляются компьютерные классы ГФ НИТУ «МИСИС», также студент может использовать личный ноутбук. В процессе самостоятельной работы студенты используют электронную обучающую систему Moodle, в которую помещены лекции, вопросы для самоподготовки, списки тем для контрольных мероприятий, а также рекомендации и методические руководства. Знания, умения и навыки, приобретенные студентами на лекциях, практических занятиях и самостоятельно, преподаватель контролирует на экзамене и при защите домашнего задания, отчетов по выполнению практических работ, презентации и тестового контроля.	