Приложение № 4
к образовательной программе высшего образования – программе магистратуры
по направлению подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника
(направленность (профиль) «Искусственный интеллект и
математическое моделирование в промышленности»)

АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «СИРИУС»
(АНОО ВО «УНИВЕРСИТЕТ «СИРИУС»)

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 7835bcdac1c89a3da835a18f6045494f3f404337
Владелец: Некрасова Людмила Андреевна
Действителен: с 08.07.2026 до 08.07.2027

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

«Физически информированное машинное обучение»

1. Трудоемкость дисциплины (модуля): 3 з.е.

2. Место дисциплины (модуля) в учебном плане:

Обязательная часть «Профессиональной подготовки» в рамках Блока 1. Дисциплины (модули), реализуется в 3 семестре.

3. Цель дисциплины (модуля): формирование у обучающихся теоретических знаний и практических навыков решения задач моделирования физических процессов нейросетевыми методами — от data-driven суррогатов до физически информированных нейронных сетей (PINN) и нейронных операторов (PINO).

4. Задачи дисциплины (модуля):

– сформировать представление о классификации нейросетевых подходов к моделированию физических процессов и их месте относительно классических численных методов из предшествующих курсов;

– обеспечить владение методами построения data-driven суррогатных моделей, архитектурой и обучением PINN и PINO применительно к уравнениям теплопроводности, диффузии и механики;

– научить выбирать подходящий нейросетевой метод (суррогат, PINN, PINO) в зависимости от задачи — наличия данных, требований к обобщению, вычислительных ограничений.

5. Перечень разделов (тем) дисциплины (модуля) и их краткое содержание:

Наименование раздела (темы) дисциплины (модуля)	**Краткое содержание**
Раздел 1. Нейросетевые методы моделирования: классификация и место в вычислительной науке	Три подхода к нейросетевому моделированию физических процессов: чисто data-driven, physics-informed, гибридные. Сравнение с классическими численными методами. Где нейросетевые методы выигрывают (ускорение расчётов, обратные задачи), где проигрывают. Обзор ключевых фреймворков для физических задач.
Раздел 2. Data-driven суррогатные модели физических процессов	Суррогатная модель как нейросеть, обученная аппроксимировать результаты CAE-расчётов. Оценка погрешности суррогата.
Раздел 3. Физически информированные нейронные сети (PINN)	Составная функция потерь. Автоматическое дифференцирование (autograd) для вычисления производных сети. Применение к уравнению теплопроводности (параболическое), уравнению Пуассона (эллиптическое). Обратные задачи с PINN.
Раздел 4. Нейронные операторы и физически информированные нейронные операторы (PINO)	Ограничение PINN. Нейронные операторы как отображения между функциями. Fourier Neural Operator (FNO). Deep Operator Network (DeepONet): архитектура branch-trunk. PINO: объединение физических ограничений PINN с обобщающей способностью FNO. Сравнение трёх подходов: PINN, FNO, PINO.

Раздел 5. Применение в промышленных задачах и сквозная практика	Ускорение CAE-расчётов нейронными операторами: замена расчёта МКЭ/МКО инференсом PINO. Обратные задачи идентификации материальных параметров по экспериментальным данным.

6. Образовательные результаты освоения дисциплины (модуля):

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**
ПК-3. Способен применять, совершенствовать и разрабатывать новые алгоритмы машинного и глубокого обучения при проектировании, модернизации и эксплуатации различных изделий	ИПК-3.1. Знает алгоритмы машинного и глубокого обучения
	ИПК-3.2. Выбирает и применяет необходимые алгоритмы машинного и глубокого обучения в зависимости от поставленных задач
	ИПК-3.3. Анализирует и совершенствует алгоритмы машинного и глубокого обучения при проектировании, модернизации и эксплуатации различных изделий
	ИПК-3.4. Разрабатывает новые алгоритмы машинного и глубокого обучения при проектировании, модернизации и эксплуатации различных изделий