

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»
(МФТИ)**

УТВЕРЖДАЮ

Ректор МФТИ

д-р физ.-мат. наук, профессор

Д.В. Ливанов

2023 г.



**Дополнительная общеобразовательная
программа
дополнительного образования
«Теория кодирования»**

Москва 2023

1. Общая характеристика программы

1.1. Целью реализации дополнительной общеобразовательной программы «Теория кодирования» является изучение основных концепций и методов теории кодирования, а также развитие у студентов навыков проектирования и анализа кодов для передачи и хранения информации.

1.2. Категории слушателей, на обучение которых рассчитана программа дополнительного образования (далее – программа): программа предназначена для любых слушателей, желающих изучить основные концепции и методы теории кодирования.

1.3. Нормативный срок освоения программы – 108 академических часов.

1.4. Форма обучения – очно-заочная с применением дистанционных образовательных технологий.

Программа может быть реализована в сетевой форме.

1.5. Режим обучения: 11 недель (9-10 часов в неделю).

2. Планируемые результаты обучения

В результате освоения программы слушатель должен:
знать:

- основные понятия и определения в теории кодирования
- уметь:
- анализировать и оценивать эффективность различных кодов для передачи и хранения информации,
- проектировать и реализовывать коды с использованием различных методов кодирования,
- применять теорию кодирования в различных областях, таких как связь, компьютерные сети, сжатие данных и другие,
- проводить исследования и анализировать проблемы, связанные с кодированием информации.

3. Структура программы

Программа предусматривает изучение следующих тем (модулей):

1. Алфавитное кодирование
2. Неравенство Крафта-Макмиллана
3. Коды с минимальной избыточностью
4. Задача исправления и обнаружения ошибок
5. Коды Варшамова-Тененгольца
6. Простейшие границы для параметров кодов
7. Вложение метрических пространств

8. Линейные коды
9. Остаточный код
10. Сложность задачи декодирования линейных кодов
11. Коды Рида-Соломона
12. Коды Рида-Маллера
13. Варианты обобщений конструкции Рида-Маллера
14. Графы-расширители
15. Теоремы Шеннона для вероятностной модели канала
16. Приложения кодов, исправляющих ошибки

Структура программы представлена в таблице 1.

Таблица 1

№	Тема (модуль)	Кол-во часов	В том числе	
			Аудит. занятия	Самост. работа
1	Алфавитное кодирование	13,9	2,8	11,1
2	Задача исправления ошибок	20,2	2,6	17,6
3	Блочное кодирование	10	1,5	8,5
4	Матрицы Адамара	10,2	1,6	8,6
5	Линейные коды	14,2	2,1	12,1
6	Декодирование линейных кодов	10,2	1,6	8,6
7	Коды Рида-Маллера	6,7	1,6	5,1
8	Вероятностная модель канала связи	8,5	2	6,5
9	Графы-расширители	6,6	1,3	5,3
10	Коды и кодирование данных на физических носителях	5,5	1,5	4
	Итоговая аттестация	2	1	1
Итого		108	19,6	88,4

4. Содержание программы

4.1. Учебно-тематический план программы

Таблица 2

Тема (модуль)	Тема урока	Кол-во часов	
		Аудит. занятия	Самост. работа
Неделя 1. Алфавитное кодирование	Приветствие	0,2	
	Урок 1. Алфавитное кодирование	1,1	
	Тесты		4

	Урок 2. Построение кода с минимальной избыточностью	0,9	
	Тесты		3
	Урок 3. Лемма о монотонности длин	0,4	
	Тесты		2
	О задаче исправления ошибок	0,2	
	Задачи для самостоятельного обдумывания		1,1
	Дополнительные материалы		1
Неделя 2. Задача исправления ошибок	Урок 1. Задача исправления ошибок	0,9	
	Тесты		4
	Урок 2. Коды Варшамова-Тененгольца	0,8	
	Тесты		5
	Урок 3. Граница Хемминга	0,9	
	Тесты		6
	Задачи для самостоятельного обдумывания		2,6
Неделя 3. Блочное кодирование	Урок 1. Блочное кодирование	0,7	
	Тесты		3
	Урок 2. Вложение метрических пространств	0,8	
	Тесты		4
	Задачи для самостоятельного обдумывания		1,5
Неделя 4. Матрицы Адамара	Урок 1. Матрицы Адамара	0,5	
	Тесты		2
	Урок 2. Конечные поля	1,1	
	Тесты		5
	Задачи для самостоятельного обдумывания		1,6
Неделя 5. Линейные коды	Урок 1. Линейные коды	0,6	
	Тесты		3
	Урок 2. Теорема Соломона—Штиффлера	0,5	
	Тесты		3
	Урок 3. Проверочная матрица	1	
	Тесты		4
	Задачи для самостоятельного обдумывания		2,1
Неделя 6. Декодирование линейных кодов	Урок 1. Декодирование линейных кодов	0,8	
	Тесты		4
	Урок 2. Коды Рида-Соломона	0,8	
	Тесты		3
	Задачи для самостоятельного обдумывания		1,6
Неделя 7. Коды Рида-Маллера	Урок 1. Коды Рида-Маллера	1	
	Тесты		2,5
	Урок 2. Лемма Липтона-Демилло-Шварца-Зиппеля	0,6	
	Тесты		1
	Задачи для самостоятельного обдумывания		1,6

Неделя 8. Вероятностная модель канала связи	Урок 1. Теоремы Шеннона	1,1	
	Тесты		2,5
	Урок 2. Каскадные коды	0,9	
	Тесты		2
	Задачи для самостоятельного обдумывания		2
Неделя 9. Графы- расширители	Урок 1. Графы-расширители	0,5	
	Тесты		1,5
	Урок 2. Коды на основе графов- расширителей	0,8	
	Тесты		2,5
	Задачи для самостоятельного обдумывания		1,3
Неделя 10. Коды и кодирование данных на физических носителях	Урок 1. Коды и кодирование данных на физических носителях. Пакеты ошибок	0,2	0,2
	Тест		0,5
	Урок 2. Коды и коммуникационная сложность	0,3	0,3
	Тест		0,5
	Урок 3. Коды и криптография: схема Мак- Элиса	0,3	0,3
	Тест		0,5
	Урок 4. Коды и построение однородных множеств	0,6	0,6
	Тесты		1
Послесловие		0,1	0,1
Итоговая аттестация	Экзамен	1	1

4.2. Учебная программа по модулям

Таблица 3

№ п/п	Наименование темы (модуля)	Содержание обучения, наименование и тематика практических занятий (семинаров), самостоятельной работы, используемых образовательных технологий
1	Неделя 1. Алфавитное кодирование	<u>Приветствие</u> <i>Лекции</i> Приветствие О Физтехе Онлайн-магистратура МФТИ <u>Урок 1. Алфавитное кодирование</u> <i>Лекция</i> Алфавитное кодирование. Однозначность. <i>Самостоятельная работа</i> Тест 1.1 <i>Лекция</i> Достаточные условия однозначности

		<i>Самостоятельная работа</i> Тест 1.2 <i>Лекция</i> Вывод критерия однозначности <i>Самостоятельная работа</i> Тест 1.3 <i>Лекция</i> Критерий однозначности: графовая формулировка <i>Самостоятельная работа</i> Тест 1.4 <i>Лекция</i> Оценка длины «неоднозначного» слова <u>Урок 2. Построение кода с минимальной избыточностью</u> <i>Лекция</i> Задача построения кода с минимальной избыточностью <i>Самостоятельная работа</i> Тест 1.5 <i>Лекция</i> Теорема Крафта-Макмиллана <i>Самостоятельная работа</i> Тест 1.6 <i>Лекция</i> Существование префиксных кодов с заданными длинами слова <i>Самостоятельная работа</i> Тест 1.7 <i>Лекция</i> Универсальность префиксных кодов <u>Урок 3. Лемма о монотонности длин</u> <i>Лекция</i> Лемма о монотонности длин <i>Самостоятельная работа</i> Тест 1.8 <i>Лекция</i> Теорема Хаффмана о редукции <i>Самостоятельная работа</i> Тест 1.9 <i>Самостоятельная работа</i> Задачи для самостоятельного обдумывания Дополнительные материалы
2	Неделя 2. Задача исправления ошибок	<u>Урок 1. Задача исправления ошибок</u> <i>Лекция</i> Задача исправления ошибок. Типы ошибок. Вероятностные и детерминированные ограничения. Коды <i>Самостоятельная работа</i> Тест 2.1 <i>Лекция</i> Формализация задачи обнаружения и исправления ошибок <i>Самостоятельная работа</i>

	Тест 2.2 Лекция Метрики Хемминга и Левенштейна Самостоятельная работа Тест 2.3 Лекция Кодовое расстояние. Геометрическая интерпретация. Основные задачи теории кодов, исправляющих ошибки Самостоятельная работа Тест 2.4 Урок 2. Коды Варшамова-Тененгольца Лекция Коды Варшамова-Тененгольца. Общие соображения по исправлению ошибок выпадения и вставки Самостоятельная работа Тест 2.5 Лекция Рассмотрение сумм S и S' Самостоятельная работа Тест 2.6 Лекция Алгоритм исправления ошибок выпадения Самостоятельная работа Тест 2.7 Лекция Исправление ошибок вставки в кодах Варшамова-Тененгольца. Два особых случая Самостоятельная работа Тест 2.8 Лекция Окончательный алгоритм исправления ошибок вставки в кодах Варшамова-Тененгольца. Обобщения кодов Варшамова-Тененгольца Самостоятельная работа Тест 2.9 Урок 3. Граница Хемминга Самостоятельная работа Тест 2.10 Лекция Граница Хемминга Самостоятельная работа Тест 2.11 Лекция «Обратная» теорема к границе Хемминга Самостоятельная работа Тест 2.12 Лекция Граница Синглтона
--	--

		<i>Самостоятельная работа</i> Тест 2.13 <i>Лекция</i> Граница Плоткина. Начало доказательства: нижняя оценка суммы индикаторов <i>Самостоятельная работа</i> Тест 2.14 <i>Лекция</i> Завершение доказательства границы Плоткина: верхняя оценка суммы индикаторов, сопоставление оценок <i>Самостоятельная работа</i> Тест 2.15 <i>Самостоятельная работа</i> Задачи для самостоятельного обдумывания
3	Неделя 3. Блочное кодирование	<u>Урок 1. Блочное кодирование</u> <i>Лекция</i> Блочное кодирование. Асимптотические нормированные характеристики кодов <i>Самостоятельная работа</i> Тест 3.1 <i>Лекция</i> Вспомогательные утверждения о суммах биномиальных коэффициентов <i>Самостоятельная работа</i> Тест 3.2 <i>Лекция</i> Сравнение границ <i>Самостоятельная работа</i> Тест 3.3 <u>Урок 2. Вложение метрических пространств</u> <i>Лекция</i> Вложение метрических пространств <i>Самостоятельная работа</i> Тест 3.4 <i>Лекция</i> Лемма о тупоугольной системе векторов <i>Самостоятельная работа</i> Тест 3.5 <i>Лекция</i> Теорема Элайеса-Бассалыго: формулировка и начало доказательства. Степень кода относительно шаров <i>Самостоятельная работа</i> Тест 3.6 <i>Лекция</i> Теорема Элайеса-Бассалыго: завершение доказательства, применение леммы о векторах <i>Самостоятельная работа</i> Тест 3.7

		Задачи для самостоятельного обдумывания.
4	Неделя 4. Матрицы Адамара	Урок 1. Матрицы Адамара <i>Лекция</i> Матрицы Адамара: определение и простейшие свойства. Теорема Адамара <i>Самостоятельная работа</i> Тест 4.1 <i>Лекция</i> Построение матриц Адамара: конструкции Сильвестра и Пэли <i>Самостоятельная работа</i> Тест 4.2 Урок 2. Конечные поля <i>Лекция</i> Конечные поля: определение, примитивные элементы <i>Самостоятельная работа</i> Тест 4.3 <i>Лекция</i> Квадратичные вычеты и невычеты. Символ Лежандра. Лемма о сумме <i>Самостоятельная работа</i> Тест 4.4 <i>Лекция</i> Матрица Якобшталя <i>Самостоятельная работа</i> Тест 4.5 <i>Лекция</i> Завершение изложения конструкции Пэли <i>Самостоятельная работа</i> Тест 4.6 <i>Лекция</i> Коды Боуза-Шрихане (коды Адамара) <i>Самостоятельная работа</i> Тест 4.7 Задачи для самостоятельного обдумывания.
5	Неделя 5. Линейные коды	Урок 1. Линейные коды <i>Лекция</i> Линейные коды: определение, обозначение <i>Самостоятельная работа</i> Тест 5.1 <i>Лекция</i> Связь кодового расстояния линейного кода с весом кодовых слов <i>Самостоятельная работа</i> Тест 5.2 <i>Лекция</i> Порождающая матрица. Кодирование в линейном коде. Систематическое кодирование <i>Самостоятельная работа</i>

		Тест 5.3 <u>Урок 2. Теорема Соломона-Штиффлера</u> <i>Лекция</i> Теорема Соломона-Штиффлера об остаточном коде. Порождающая матрица <i>Самостоятельная работа</i> Тест 5.4 <i>Лекция</i> Теорема Соломона-Штиффлера об остаточном коде. Кодовое расстояние <i>Самостоятельная работа</i> Тест 5.5 <i>Лекция</i> Граница Грайсмера-Соломона-Штиффлера <i>Самостоятельная работа</i> Тест 5.6 <u>Урок 3. Проверочная матрица</u> <i>Лекция</i> Проверочная матрица. Двойственные коды. Проверочная матрица и кодовое расстояние <i>Самостоятельная работа</i> Тест 5.7 <i>Лекция</i> Граница Варшамова-Гилберта <i>Самостоятельная работа</i> Тест 5.8 <i>Лекция</i> Двоичные коды Хемминга <i>Самостоятельная работа</i> Тест 5.9 <i>Лекция</i> Декодирование по синдрому <i>Самостоятельная работа</i> Тест 5.10 Задачи для самостоятельного обдумывания.
6	Неделя 6. Декодирование линейных кодов	<u>Урок 1. Декодирование линейных кодов</u> <i>Лекция</i> Декодирование линейных кодов. Задача NCP. Задачи 3-SAT и 1-in-3-SAT <i>Самостоятельная работа</i> Тест 6.1 <i>Лекция</i> Сведение задачи 3-SAT к 1-in-3-SAT <i>Самостоятельная работа</i> Тест 6.2 <i>Лекция</i> Сведение задачи 1-in-3-SAT к задаче NCP. Построение матрицы кода

		<i>Самостоятельная работа</i> Тест 6.3 <i>Лекция</i> Сведение задачи 1-in-3-SAT к задаче NCP. Обсуждение соответствия <i>Самостоятельная работа</i> Тест 6.4 <u>Урок 2. Коды Рида-Соломона</u> <i>Лекция</i> Коды Рида-Соломона: определение, параметры кода <i>Самостоятельная работа</i> Тест 6.5 <i>Лекция</i> Исправление ошибок кодами Рида-Соломона. Алгоритм Берлекэмпа-Велча <i>Самостоятельная работа</i> Тест 6.6 <i>Лекция</i> Алгоритм Берлекэмпа-Велча: завершение изложения <i>Самостоятельная работа</i> Тест 6.7 Задачи для самостоятельного обдумывания.
7	Неделя 7. Коды Рида-Маллера	<u>Урок 1. Коды Рида-Маллера</u> <i>Лекция</i> Коды Рида-Маллера: определение, размерность <i>Самостоятельная работа</i> Тест 7.1 <i>Лекция</i> Коды Рида-Маллера: кодовое расстояние <i>Самостоятельная работа</i> Тест 7.2 <i>Лекция</i> Декодирование кодов Рида-Маллера: основная лемма <i>Самостоятельная работа</i> Тест 7.3 <i>Лекция</i> Декодирование кодов Рида-Маллера: первый шаг алгоритма <i>Самостоятельная работа</i> Тест 7.4 <i>Лекция</i> Декодирование кодов Рида-Маллера: полный алгоритм <i>Самостоятельная работа</i> Тест 7.5 <u>Урок 2. Лемма Липтона-Демилло-Шварца-Зиппеля</u> <i>Лекция</i> Лемма Липтона-Демилло-Шварца-Зиппеля <i>Самостоятельная работа</i> Тест 7.6

		Лекция Вероятностная формулировка леммы ЛДШЗ. Пример применения леммы ЛДШЗ для оценки кодового расстояния Самостоятельная работа Тест 7.7 Лекция В общих чертах о кодах Гоппы Самостоятельная работа Задачи для самостоятельного обдумывания
8	Неделя 8. Вероятностная модель канала связи	<u>Урок 1. Теоремы Шеннона</u> Лекция Вероятностная модель канала связи. Теоремы Шеннона Самостоятельная работа Тест 8.1 Лекция Лемма о числе ошибок Самостоятельная работа Тест 8.2 Лекция Доказательство теоремы Шеннона о существовании кода. Случай, когда ошибок много Самостоятельная работа Тест 8.3 Лекция Доказательство теоремы Шеннона о существовании кода. Случай, когда ошибок мало и завершение доказательства Самостоятельная работа Тест 8.4 Лекция Доказательство теоремы Шеннона о существовании кода: завершение и обсуждение Самостоятельная работа Тест 8.5 <u>Урок 2. Каскадные коды</u> Лекция Каскадные коды. Общая конструкция Самостоятельная работа Тест 8.6 Лекция Каскадные линейные коды Самостоятельная работа Тест 8.7 Лекции Напоминание о характеристиках кодов. Следствие теоремы Варшамова-Гилберта Коды Форни: параметры Самостоятельная работа Тест 8.8

		<i>Лекция</i> Коды Форми: декодирование <i>Самостоятельная работа</i> Тест 8.9 Задачи для самостоятельного обдумывания
9	Неделя 9. Графы-расширители	<u>Урок 1. Графы-расширители</u> <i>Лекция</i> Графы-расширители <i>Самостоятельная работа</i> Тест 9.1 <i>Лекция</i> Существование расширителей. Случайный двудольный граф. Два типа рёбер <i>Самостоятельная работа</i> Тест 9.2 <i>Лекция</i> Существование расширителей. Оценка вероятности получения «плохого» графа <i>Самостоятельная работа</i> Тест 9.3 <u>Урок 2. Коды на основе графов-расширителей</u> <i>Лекция</i> Коды на основе графов-расширителей. Параметры кодов <i>Самостоятельная работа</i> Тест 9.4 <i>Лекция</i> Коды на основе графов-расширителей. Доказательство оценки кодового расстояния <i>Самостоятельная работа</i> Тест 9.5 <i>Лекция</i> Алгоритм исправления ошибок в кодах на основе расширителей <i>Самостоятельная работа</i> Тест 9.6 <i>Лекция</i> Доказательство существования «результативного бита» <i>Самостоятельная работа</i> Тест 9.7 <i>Лекция</i> Доказательство того, что алгоритм приводит к изначально ближайшему кодовому слову <i>Самостоятельная работа</i> Тест 9.8 Задачи для самостоятельного обдумывания
10	Неделя 10. Коды и кодирование данных на физических	<u>Урок 1. Коды и кодирование данных на физических носителях. Пакеты ошибок</u> <i>Лекция</i>

носителях	Коды и кодирование данных на физических носителях. Пакеты ошибок <i>Самостоятельная работа</i> Тест 10.1 <u>Урок 2. Коды и коммуникационная сложность</u> <i>Лекция</i> Коды и коммуникационная сложность <i>Самостоятельная работа</i> Тест 10.2 <u>Урок 3. Коды и криптография: схема Мак-Элиса</u> <i>Лекция</i> Коды и криптография: схема Мак-Элиса <i>Самостоятельная работа</i> Тест 10.3 <u>Урок 4. Коды и построение однородных множеств</u> <i>Лекция</i> Коды и построение однородных множеств <i>Самостоятельная работа</i> Тест 10.4 <i>Лекция</i> Коды Рида-Маллера и однородные множества Применение однородных множеств к задаче MAX-SAT <i>Самостоятельная работа</i> Тест 10.5 <i>Лекция</i> Послесловие
Итоговая аттестация	<i>Практическое занятие:</i> итоговое тестирование по материалам лекций <i>Самостоятельная работа:</i> подготовка к итоговому тестированию

Примеры заданий для организации самостоятельной работы слушателей

Вопрос 1. Некоторое алфавитное кодирование φ кириллических символов таково, что

$\varphi(\text{КУЛЬБИТ}) = 1101101001100110010$

$\varphi(\text{БИТОВЫЙ}) = 011001011110101000101010$

$\varphi(\text{БИТ}) = 0110010$.

Чему равно $\varphi(\text{КУЛЬБИТОВЫЙ})$?

Вопрос 2. Для набора частот 0.3, 0.2, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1 даны два кода: (00, 10, 010, 110, 111, 0110, 0111) и (00, 010, 011, 100, 101, 110, 111). Запишите в ответ коэффициент избыточности того из этих кодов, для которого он наименьший.

Вопрос 3. Символы a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 встречаются в тексте с частотами 0.1, 0.6, 0.05 и 0.2 соответственно. Был построен код с минимальной избыточностью, но соответствие между кодовыми словами и символами a_i было утеряно. Кодовые слова такие:

1, 01, 001, 0000, 0001. Запишите, разделяя пробелом, кодовые слова в правильном порядке (сначала слово для a_1 , затем для a_2 и т.д.).

Вопрос 4. Двоичное слово 01100 передавалось в двоичный канал связи, и в канале произошла одна ошибка стирания и одна ошибка вставки. Какие слова могли в результате получиться?

- 1) 01100
- 2) ?01100
- 3) 011?10
- 4) 0?0000
- 5) 1?1100
- 6) 0? ?00

4.3. Список рекомендуемой литературы

1. Lin, S., & Costello, D. Error Control Coding: Fundamentals and Applications. Pearson Education, 2004.
2. MacKay, D. J. C. Information Theory, Inference, and Learning Algorithms. Cambridge University Press, 2003.
3. Wicker, S. B. Error Control Systems for Digital Communication and Storage. Prentice Hall, 1994.
4. Sayood, K. Introduction to Data Compression. Morgan Kaufmann, 2005.
5. Proakis, J. G., & Salehi, M. Digital Communications. McGraw Hill, 2007.

5. Материально-технические условия реализации программы

Таблица 4

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
Аудитория с доступом в Интернет	Аудиторные занятия	Компьютер, Visual Studio, проектор, видеокамера, доступ в Интернет
Аудитория с доступом в Интернет	Самостоятельная работа	Персональные компьютеры/ноутбуки, Visual Studio, доступ в Интернет
Система дистанционного обучения	Экзамен	Слушателю необходим компьютер, наличие доступа в сеть интернет.

6. Оценка качества освоения программ

Оценка качества освоения программы осуществляется в процессе промежуточной аттестации.

Формы и методы промежуточного контроля представлены в таблице 5.

Таблица 5

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Алфавитное кодирование	Установленное количество выполненных заданий	Самостоятельное выполнение заданий, тестирование
Задача исправления ошибок	Установленное количество выполненных заданий	Самостоятельное выполнение заданий, тестирование
Блочное кодирование	Установленное количество выполненных заданий	Самостоятельное выполнение заданий, тестирование
Матрицы Адамара	Установленное количество выполненных заданий	Самостоятельное выполнение заданий, тестирование
Линейные коды	Установленное количество выполненных заданий	Самостоятельное выполнение заданий, тестирование
Декодирование линейных кодов	Установленное количество выполненных заданий	Самостоятельное выполнение заданий, тестирование
Коды Рида-Маллера	Установленное количество выполненных заданий	Самостоятельное выполнение заданий, тестирование
Вероятностная модель канала связи	Установленное количество выполненных заданий	Самостоятельное выполнение заданий, тестирование
Графы-расширители	Установленное количество выполненных заданий	Самостоятельное выполнение заданий, тестирование
Коды и кодирование данных на физических носителях	Установленное количество выполненных заданий	Самостоятельное выполнение заданий, тестирование
Итоговая аттестация	Обобщение знаний по темам курса. Применение полученных знаний.	Тестирование

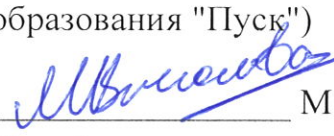
7. Составители программы

Зубцова Жанна Исхаковна, к.ф.-м.н., ведущий специалист Отдела сопровождения образовательных программ (Центр «Пуск»).

Согласовано
Ведущий специалист ОСОП

 Ж. И. Зубцова
« » 2023 г.

Согласовано
Руководитель проектов (Центр
дополнительного, дополнительного
профессионального и онлайн-
образования "Пуск")

 М. В. Выголова
« » 2023 г.