

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор	МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	
Дата подписания: 08.04.2026 16:55:16 Уникальный программный ключ (специальности) 01.04.01 "Математика"	Рабочая программа дисциплины "Линейные операторы и оператор-функции" по направлению подготовки направленности (профилю) Уравнения с дробными производными ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1

Рабочая программа дисциплины (модуля)*

Линейные операторы и оператор-функции

Направление подготовки (специальность)

01.04.01 Математика

Направленность (профиль)

Уравнения с дробными производными

Присваиваемая квалификация (степень)

магистр

Форма обучения

очная

Год(ы) набора 2026

*Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Челябинск 2026 г.



Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)
4. Объем дисциплины (модуля)
5. Структура и содержание дисциплины (модуля)
6. Фонд оценочных средств
 - 6.1. Перечень видов оценочных средств
 - 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации
 - 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации
 - 6.4. Критерии оценивания
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
 - 7.1. Рекомендуемая литература
 - 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"
 - 7.3. Перечень информационных технологий
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Специальные условия освоения дисциплины обучающимися с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья



1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью курса "Линейные операторы и оператор-функции" является изучение фундаментальных концепций и методов теории линейных операторов, действующих в банаховых и гильбертовых пространствах, а также их приложений к исследованию оператор-функций и связанных с ними задач. Курс нацелен на формирование у студентов глубокого понимания абстрактных математических структур и их роли в анализе широкого спектра математических и физических моделей.

Задачами изучения дисциплины являются:

- Ознакомление с основными понятиями и теоремами функционального анализа, необходимыми для изучения линейных операторов: Изучение свойств банаховых и гильбертовых пространств, линейных операторов, их непрерывности и ограниченности, а также основных теорем функционального анализа (теорема Банаха-Штейнгауза, теорема Хана-Банаха, теорема об открытом отображении).
- Изучение спектральной теории линейных операторов: Освоение понятий спектра и резольвенты линейного оператора, классификации спектра, а также методов вычисления спектра и резольвенты для различных классов операторов.
- Владение методами анализа оператор-функций: Изучение свойств оператор-функций, их дифференцирования и интегрирования, а также методов представления оператор-функций в виде степенных рядов и интегралов.
- Формирование навыков применения теории линейных операторов к исследованию дифференциальных и интегральных уравнений: Рассмотрение примеров решения дифференциальных и интегральных уравнений с использованием методов функционального анализа и теории операторов.
- Изучение различных классов линейных операторов: Анализ свойств компактных операторов, самосопряженных операторов, операторов в гильбертовом пространстве, интегральных операторов и других классов операторов, важных для приложений.
- Изучение применения теории линейных операторов к исследованию устойчивости и асимптотического поведения решений: Рассмотрение примеров применения теории линейных операторов для анализа устойчивости динамических систем и исследования асимптотического поведения решений различных типов уравнений.
- Создание целостной картины современных математических методов в области функционального анализа и теории операторов: Формирование понимания о взаимосвязи абстрактных математических концепций и их применения для решения конкретных задач.
- Развитие навыков самостоятельного изучения современной научной литературы: Подготовка студентов к самостоятельному исследованию последних достижений в области теории линейных операторов и их приложений, а также к участию в научных проектах.

Результаты обучения по дисциплине направлены на достижение индикаторов:

УК-2.1. Определяет этапы жизненного цикла проекта и выстраивает последовательность их реализации

УК-2.2. Формулирует проблему, на решение которой направлен проект, грамотно определяет цель проекта

УК-2.3. Проектирует решение конкретных задач проекта, выбирая оптимальный способ их решения

ПК-1.1 Демонстрирует знание основных теоретических положений и методов в области проводимых научных исследований

ПК-1.2. Демонстрирует умения сбора и анализа информации по тематике проводимых исследований

ПК-1.3. Имеет практический опыт установления новых фактов и закономерностей в области научных исследований

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл (раздел) ОПОП: К.М.01.01

2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Для успешного освоения дисциплины необходимы знания дисциплин «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Функциональный анализ», «Комплексный анализ». А также

Преобразование Фурье векторнозначных функций

Преобразование Лапласа векторнозначных функций

Дополнительные главы комплексного анализа



2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Знания по данной дисциплине могут быть полезны для научно-исследовательской работы студентов.

Локально выпуклые пространства

Методы решения дифференциальных уравнений

Обобщенные симметрии дифференциальных уравнений

Вырожденные эволюционные уравнения в банаховых пространствах

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

УК-2: Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла

Знать:

этапы исследования в области линейных операторов и оператор-функций и способы выстраивания последовательности их изучения.

Уметь:

формулировать проблему, связанную с применением линейных операторов и оператор-функций, грамотно определять цель исследования.

Владеть:

навыками проектирования решений математических задач, связанных с линейными операторами и оператор-функциями, выбирая оптимальный способ их решения.

ПК-1: Способен проводить научно-исследовательскую работу в области дифференциальных уравнений

Знать:

основные теоретические положения и методы теории линейных операторов и оператор-функций.

Уметь:

собирать, анализировать и давать критическую оценку информации по тематике линейных операторов и оператор-функций, включая их теоретические аспекты и приложения.

Владеть:

навыками применения методов теории линейных операторов и оператор-функций для анализа, решения и исследования математических задач, а также установления новых фактов и закономерностей.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1 Знать:

3.1.1 этапы исследования в области линейных операторов и оператор-функций и способы выстраивания последовательности их изучения.

3.1.2 основные теоретические положения и методы теории линейных операторов и оператор-функций.

3.2 Уметь:

3.2.1 формулировать проблему, связанную с применением линейных операторов и оператор-функций, грамотно определять цель исследования.

3.2.2 собирать, анализировать и давать критическую оценку информации по тематике линейных операторов и оператор-функций, включая их теоретические аспекты и приложения.

3.3 Владеть:

3.3.1 проектирования решений математических задач, связанных с линейными операторами и оператор-функциями, выбирая оптимальный способ их решения.

3.3.2 применения методов теории линейных операторов и оператор-функций для анализа, решения и исследования математических задач, а также установления новых фактов и закономерностей.



4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость	7 ЗЕТ
Часов по учебному плану : 252 в том числе : аудиторные занятия : 68 самостоятельная работа : 96,4 часов на контроль : 81 контактная работа: 74,6 ИКР: 6,6	Виды контроля в семестрах: экзамены 1, 2

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
Раздел 1. Три основных принципа линейного анализа				
1.1	Принцип равномерной ограниченности /Лек/	1	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3
1.2	Принцип открытости отображения /Лек/	1	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3
1.3	Теорема Хана - Банаха /Лек/	1	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3
Раздел 2. Интегрирование и функции множества				
2.1	Конечно аддитивные функции множества /Лек/	1	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3
2.2	Лебеговы пространства /Лек/	1	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3
2.3	Счетно аддитивные функции множества /Лек/	1	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3
2.4	Продолжения функций множества /Лек/	1	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3
2.5	Взаимосвязь функций множества /Лек/	1	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3
2.6	Теорема Витали - Хана - Сакса и пространства мер /Лек/	1	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3
2.7	Теорема Радона - Никодима /Лек/	1	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3



2.8	Произведение пространств с мерой /Лек/	1	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3
2.9	Дифференцирование /Лек/	1	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3
Раздел 3. Операторы и их сопряженные				
3.1	В-пространства /Лек/	1	10	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3
3.2	Выполнение домашних работ, подготовка к контрольным работам. Подготовка к экзамену. /Ср/	1	34,7	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3
3.3	Проекторы /Лек/	2	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3
3.4	Слабо вполне непрерывные операторы /Лек/	2	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3
3.5	Вполне непрерывные операторы /Лек/	2	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3
3.6	Операторы с замкнутой областью значений /Лек/	2	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3
3.7	Общий вид линейных операторов в $C(S)$ /Лек/	2	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3
3.8	Общий вид линейных операторов в лебеговом пространстве /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3
Раздел 4. Общая спектральная теория				
4.1	Спектральная теория в конечном пространстве /Лек/	2	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3
4.2	Функции оператора /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3
4.3	Спектральная теория вполне непрерывных оператором /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3



Рабочая программа дисциплины "Линейные операторы и оператор-функции" по направлению подготовки (специальности) 01.04.01 "Математика" направленности (профилю) Уравнения с дробными производными ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 7

4.4	Операторное исчисление неограниченных замкнутых операторов /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3
4.5	Полугруппы операторов /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3
4.6	Выполнение домашних работ, подготовка к контрольным работам. Подготовка к экзамену. /Ср/	2	61,7	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3
Раздел 5. Иная контактная работа				
5.1	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	2	3,3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4
5.2	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	1	3,3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

6.1. Перечень видов оценочных средств

1. Доклад
2. Вопросы к экзамену

6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Темы докладов:

1. Частично упорядоченные множества
2. Топологическое пространство. Основные свойства
3. Нормальные и бикомпактные пространства
4. Метрические пространства
5. Сходимость и равномерная сходимость обобщенных последовательностей
6. топологическое произведение пространств
7. Группы
8. Линейные пространства
9. Алгебры
10. Принцип равномерной ограниченности
11. Принцип открытости отображений
12. Лебеговы пространства
13. Специальные пространства
14. Пространство $B(S)$
15. Пространство $C(S)$
16. Пространство A^p
17. Пространства $L_p(S)$
18. Пространства функций множества
19. Векторнозначные меры
20. Пространство $TM(S)$
21. Функции ограниченной вариации
22. Выпуклые множества в линейных пространствах
23. Линейные топологические пространства
24. Слабые топологии. Определения и основные свойства
25. Слабые топологии. Бикомпактность и рефлексивность
26. Слабые топологии. Метризуемость. Неограниченные множества
27. Слабые топологии. Слабая бикомпактность
28. Крайние точки
29. Касательные функционалы
30. Теорема о неподвижной точке

6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации



Вопросы к экзамену за 1 семестр:

1. Принцип равномерной ограниченности
2. Принцип открытости отображения
3. Теорема Хана – Банаха
4. Конечно аддитивные функции множества
5. Лебеговы пространства
6. Счетно аддитивные функции множества
7. Продолжения функций множества
8. Взаимосвязь функций множества
9. Теорема Витали - Хана - Сакса и пространства мер
10. Теорема Радона – Никодима
11. Произведение пространств с мерой
12. Дифференцирование
13. В-пространства

Вопросы к экзамену за 2 семестр:

1. Проекторы
2. Слабо вполне непрерывные операторы
3. Вполне непрерывные операторы
4. Операторы с замкнутой областью значений
5. Общий вид линейных операторов в $C(S)$
6. Общий вид линейных операторов в лебеговом пространстве
7. Спектральная теория в конечном пространстве
8. Функции оператора
9. Спектральная теория вполне непрерывных оператором
10. Операторное исчисление неограниченных замкнутых операторов
11. Полугруппы операторов

6.4. Критерии оценивания

На экзамене выдается 2 вопроса из списка вопросов по темам практических занятий.

Продолжительность экзамена – 90 минут. За каждое выполненное задание билета студент может получить от 1 до 3 баллов. Если задание выполнено правильно, то оно оценивается 3 баллами. Если задание выполнено с ошибками, то баллы снижаются в зависимости от количества допущенных ошибок. Если допущена одна ошибка, то задание оценивается 2 баллами, допущены две ошибки – 1 балл. Если допущено более двух ошибок в задании или студент не выполнил какое-либо задание из билета, то за него он получает 0 баллов. Максимальное количество баллов за экзамен – 6.

При подведении итогов учитываются результаты текущей аттестации. Полученные за текущую аттестацию баллы суммируются с баллами, полученными за каждый этап при прохождении промежуточной аттестации:

- Оценка "Не удовлетворительно" выставляется за 18 и менее баллов;
Оценка "Удовлетворительно" выставляется за 19-25 баллов (уровень 1);
Оценка "Хорошо" выставляется за 25-29 баллов (уровень 2);
Оценка "Отлично" выставляется за 30-36 баллов (уровень 3).

Описание показателей и критериев оценивания компетенций для доклада:

В семестре 3 доклада. На доклад отводится 15-20 минут в конце пары (каждую пару 1 доклад). Каждый студент готовит доклад по одной из предложенных тем. Максимальное количество баллов за доклад - 10.
Оценка "зачтено" выставляется за 6-10 баллов, "не зачтено" - менее 6 баллов.

Полнота доклада оценивается по следующим критериям:

1. Полнота изложения теоретического материала
2. Достаточное количество примеров к теоретическому материалу
3. Приведены примеры к определениям и теоремам
4. Приведены контрпримеры, демонстрирующие при каких условиях не применимы теоремы.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
---------	----------	---------------	--------



	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л1.1	Барышева И. В.	Мера и интеграл Лебега: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=700303)	Липецк : Липецкий государственный педагогический университет им. П.П. Семенова- Тян-Шанского, 2022	ЭБС
Л1.2	Кириллов К.А., Кириллова С.В., Кытманов А.А.	Функциональный анализ: учебное пособие (https://znanium.com/catalog/document?id=432928)	Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2022	ЭБС
Л1.3	Виденский В. С., Будаев В. Д., Виденский И. В., Якубсон М. Я.	Линейные положительные операторы конечного ранга. Многочлены Бернштейна: учебное пособие для вузов (https://e.lanbook.com/book/383447)	Санкт- Петербург : Лань, 2024	ЭБС

7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л2.1	Данфорд Н., Шварц Д. Т., Костюченко А. Г.	Линейные операторы: научная литература (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456615)	Москва : Мир, 1974	ЭБС
Л2.2	Данфорд Н., Шварц Д. Т., Костюченко А. Г.	Линейные операторы: научная литература (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456616)	Москва : Мир, 1966	ЭБС
Л2.3	Данфорд Н., Шварц Д. Т., Костюченко А. Г.	Линейные операторы: научная литература (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456617)	Москва : Издательство иностранной литературы, 1962	ЭБС
Л2.4	Карчевский Е. М., Лаврентьева Е. Е., Александрова И. Л.	Линейные операторы в конечномерных пространствах: учебное пособие для практических занятий по алгебре и геометрии: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=682415)	Казань : Казанский федеральный университет (КФУ), 2018	ЭБС

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	LIBRARY.RU [Электронный ресурс] : электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка – URL: http://elibrary.ru/defaultx.asp
Э2	Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ) - официальный сайт http://www.rfbr.ru/rffi/ru
Э3	Научная электронная библиотека. Монографии, изданные в издательстве Российской Академии Естествознания полнотекстовый ресурс научных и учебных изданий РАЕ https://www.monographies.ru/

7.3 Перечень информационных технологий

7.3.1 Программное обеспечение

LMS Moodle

Adobe Reader

7.3.2 Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы

1. Web of Science (<https://apps.webofknowledge.com>) Web of Science : мультидисциплинарная реферативная база данных / компания Thomson Reuters. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.

2. SpringerLink Международная реферативная база данных научных изданий (<https://www.springer.com>)

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)



Для реализации дисциплины используются учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения: доска, парты, мультимедийное и аудиооборудование.

Для семинарских занятий используются аудитории оснащенные обычной доской, партами, переносным мультимедийным и аудиооборудованием (в случае необходимости).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

При изучении данной дисциплины используются лекционные занятия и самостоятельная работа студента. На лекционных занятиях излагается основное содержание тем программы, рассматриваются основные методы и подходы.

Для наиболее эффективного изучения дисциплины обучающемуся рекомендуется:

- посещать занятия, кратко и вдумчиво конспектировать материал, с указанием даты проведения занятия и темы;
- самостоятельно прорабатывать материал как после каждого занятия, так и по завершению темы, что позволяет связать воедино полученные сведения и составить цельную картину.

В случае применения при обучении дисциплины электронного обучения, дистанционных образовательных технологий общение обучающихся и преподавателя осуществляется в режиме реального времени (онлайн-лекции (вебинары), чаты, видео-конференции и др.) или отложенного времени (система дистанционного обучения Moodle, форумы, электронная почта и др.).

Большую часть времени обучающиеся самостоятельно работают с учебно-методическими материалами. Студенты имеют возможность консультироваться с преподавателем по всем вопросам, возникающим в ходе самостоятельной работы посредством электронной почты, социальных сетей и т.п.

Доступ обучающегося к учебным ресурсам в режиме отложенного времени, самостоятельной работы осуществляется через сеть Интернет в удобном для него месте, времени и темпе.

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья электронное обучение, дистанционные образовательные технологии предусматривают возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий (далее – ЭО, ДОТ) осуществляется на основании «Положения о реализации основных и дополнительных образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Челябинский государственный университет», «Положения о порядке зачета обучающимися по основным профессиональным образовательным программам высшего образования в ФГБОУ ВО «ЧелГУ» результатов освоения в организациях, осуществляющих образовательную деятельность, учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практик, дополнительных образовательных программ» посредством электронной информационно-образовательной среды ФГБОУ ВО «ЧелГУ». В исключительных случаях (форс-мажор и т.п.) при реализации образовательной деятельности с применением ЭО, ДОТ могут применять компоненты, не входящие в перечень электронной информационно-образовательной среды.

10. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ОБУЧАЮЩИМИСЯ С ИНВАЛИДНОСТЬЮ И ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием специальных технических средств и информационных технологий, предоставляемых Ресурсным учебно-методическим центром по обучению инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ЧелГУ по запросу обучающегося (мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями зрения и с нарушением слуха, ассистивные информационные технологии).

При необходимости для обучающихся с нарушениями зрения на рабочих местах для проведения практических или лабораторных занятий устанавливается специальное программное обеспечение (программа речевой навигации, речевые синтезаторы, экранные лупы).

В учебные аудитории обеспечивается беспрепятственный доступ для обучающихся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья. В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, предусматривается соответствующее количество мест для обучающихся с учетом нарушений их здоровья.



Для освоения дисциплины инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется доступ к печатным источникам, имеющимся в научной библиотеке ЧелГУ, с помощью специальных технических средств; доступ с помощью специальных технических и программных средств к электронным источникам, представленным в форме электронного документа в фонде научной библиотеки ЧелГУ или электронно-библиотечных системах.

Учебно-методические материалы для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и особенностям восприятия информации.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья освоение дисциплины может быть частично или полностью осуществлено с использованием дистанционных образовательных технологий.

При проведении промежуточной аттестации по дисциплине обучающимся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья обеспечивается по их заявлению предоставление в доступной форме в зависимости от их индивидуальных особенностей инструкции о порядке проведения промежуточной аттестации, оценочных средств и возможности ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно шрифтом Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование предоставленных ЧелГУ или собственных технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на задания, процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.



WORKING PROGRAM OF THE COURSE (MODULE)*

Linear Operators and Operator Functions

Scientific specialty

01.04.01 Mathematics

Direction

Fractional Differential Equations

Degree

Master’s

Mode of study

Full-time

Enrollment Year 2026

* The work program of the course (module) is adapted for inclusive education of disabled people and people with disabilities

Chelyabinsk, 2026



Table of Contents

1. Goals of mastering the course
2. Place of the course in the structure of the educational program
3. Competencies of the student, formed as a result of mastering the course (module)
4. Scope of the course (module)
5. Structure and content of the course (module)
6. Fund of assessment means
 - 6.1 List of types of assessment tools
 - 6.2 Typical control tasks and other materials for current certification
 - 6.3. Typical control questions and assignments for interim certification
 - 6.4. Evaluation Criteria
7. Educational, methodical and informational support of the course (module)
 - 7.1 Recommended literature
 - 7.2 List of resources of information and telecommunication network “Internet”
 - 7.3. List of information technologies
8. Material and technical support of the course (module)
9. Methodical instructions for students to master the course (module)
10. Special conditions for mastering the course of students with disabilities and disabilities



1. GOALS OF MASTERING THE COURSE

The purpose of the course "Linear Operators and Operator Functions" is to study the fundamental concepts and methods of the theory of linear operators operating in Banach and Hilbert spaces, as well as their applications to the study of operator-functions and related problems. The course aims to provide students with a deep understanding of abstract mathematical structures and their role in analyzing a wide range of mathematical and physical models.

The goals of the course include:

- Introduction to the basic concepts and theorems of functional analysis necessary for studying linear operators: The study of the properties of Banach and Hilbert spaces, linear operators, their continuity and boundedness, as well as the basic theorems of functional analysis (Banach-Steinhaus theorem, Hahn-Banach theorem, open mapping theorem).
- Studying the spectral theory of linear operators: Mastering the concepts of spectrum and resolvents of a linear operator, spectrum classification, as well as methods for calculating the spectrum and resolvents for various classes of operators.
- Mastering the methods of operator function analysis: Studying the properties of operator functions, their differentiation and integration, as well as methods for representing operator functions in the form of power series and integrals.
- Formation of skills in applying the theory of linear operators to the study of differential and integral equations: Consideration of examples of solving differential and integral equations using methods of functional analysis and operator theory.
- Study of various classes of linear operators: Analysis of properties of compact operators, self-adjoint operators, operators in Hilbert space, integral operators and other classes of operators important for applications.
- Study of the application of linear operator theory to the study of stability and asymptotic behavior of solutions: Consideration of examples of the application of linear operator theory to the analysis of stability of dynamical systems and the study of the asymptotic behavior of solutions of various types of equations.
- Creating a holistic picture of modern mathematical methods in the field of functional analysis and operator theory: Forming an understanding of the relationship between abstract mathematical concepts and their application to solve specific problems.
- Developing skills of independent study of modern scientific literature: Preparing students for independent research of the latest achievements in the field of linear operator theory and their applications, as well as for participation in scientific projects.

The results of training in the course are aimed at achieving the following indicators:

UC-2.1. Defines the stages of the project life cycle and establishes the sequence of their implementation

UC-2.2. Formulates the problem that the project is aimed at solving, correctly defines the purpose of the project

UC-2.3. Designs solutions to specific project tasks, choosing the best way to solve them

PC-1.1 Demonstrates knowledge of the basic theoretical principles and methods in the field of scientific research

PC-1.2. Demonstrates the ability to collect and analyze information on the subject of ongoing research

PC-1.3. Has practical experience in establishing new facts and patterns in the field of scientific research

2. PLACE OF THE COURSE IN THE STRUCTURE OF THE EDUCATIONAL PROGRAM

Cycle (section) curriculum: C.M.01.01

2.1 Requirements for the student's pre-training:

To successfully master the discipline, knowledge of the disciplines "Mathematical Analysis", "Linear Algebra", "Differential equations", "Functional Analysis", "Complex Analysis" is required. And also

Fourier Transform of Vector-Valued Functions

Laplace Transform of Vector-Valued Functions

Advanced Complex Analysis



2.2 Courses and practices for which the development of this course (module) is necessary as a precursor:

Knowledge of this discipline can be useful for students' research work.

Locally Convex Spaces

Methods for Solving Differential Equations

Generalised Symmetries of Differential Equations

Degenerate Evolution Equations in Banach Spaces

3. COMPETENCIES OF THE STUDENT, FORMED AS A RESULT OF MASTERING THE COURSE (MODULE)

UC-2: Able to manage a project at all stages of its life cycle

Know:

stages of research in the field of linear operators and operator-functions and ways to build a sequence of their study.

Be able to:

formulate a problem related to the use of linear operators and operator-functions, and correctly determine the purpose of the study.

Possess:

skills in designing solutions to mathematical problems related to linear operators and operator functions, choosing the optimal way to solve them.

PC-1: Able to carry out research work in the field of differential equations

Know:

the main theoretical principles and methods of the theory of linear operators and operator-functions.

Be able to:

Collect, analyze, and critically evaluate information on linear operators and operator functions, including their theoretical aspects and applications.

Possess:

skills in applying methods of the theory of linear operators and operator-functions to analyze, solve and study mathematical problems, as well as establish new facts and patterns.

As a result of mastering the course, the student must

3.1	Know:
3.1.1	stages of research in the field of linear operators and operator-functions and ways to build a sequence of their study.
3.1.2	the main theoretical principles and methods of the theory of linear operators and operator-functions.
3.2	Be able to:
3.2.1	formulate a problem related to the use of linear operators and operator-functions, and correctly determine the purpose of the study.
3.2.2	Collect, analyze, and critically evaluate information on linear operators and operator functions, including their theoretical aspects and applications.
3.3	Possess:
3.3.1	designing solutions to mathematical problems related to linear operators and operator-functions, choosing the optimal way to solve them.
3.3.2	the application of methods of the theory of linear operators and operator-functions for the analysis, solution and research of mathematical problems, as well as the establishment of new facts and patterns.



4. SCOPE OF THE COURSE (MODULE)

Total labor intensity	7 Credits
Curriculum hours: 252 including: classroom training: 68 independent work: 96,4 hours for monitoring: 81 contact work: 74,6 OCW: 6,6	Types of control in semesters: Exams 1, 2

5. STRUCTURE AND CONTENT OF THE COURSE (MODULE)

Class code	Name of sections and topics /type of lesson/	Semester / Course	Hours	Literature
Section 1. Three basic principles of linear analysis				
1.1	The principle of uniform limitation / Lec/	1	2	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3
1.2	The principle of open display /Lec/	1	2	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3
1.3	The Hahn-Banach theorem /Lec/	1	2	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3
Section 2. Integration and set functions				
2.1	Finite additive set functions /Lec/	1	2	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3
2.2	Lebesgue spaces /Lec/	1	2	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3
2.3	Countably additive set functions /Lec/	1	2	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3
2.4	Continuations of set functions /Lec/	1	2	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3
2.5	Relationship of set functions /Lec/	1	2	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3
2.6	The Vitali-Hahn-Sachs theorem and measure spaces /Lec/	1	2	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3
2.7	The Radon-Nikodim Theorem /Lec/	1	2	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3



2.8	The product of spaces with measure /Lec/	1	2	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3
2.9	Differentiation /Lec/	1	2	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3
Section 3. Operators and their conjugates				
3.1	B-spaces /Lec/	1	10	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3
3.2	Doing homework, preparing for exams. Preparation for the exam. /IndW/	1	34,7	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3
3.3	Projectors /Lec/	2	4	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3
3.4	Weakly completely continuous operators /Lec/	2	4	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3
3.5	Completely continuous operators /Lec/	2	4	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3
3.6	Closed-range operators /Lec/	2	4	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3
3.7	General view of linear operators in $C(S)$ /Lec/	2	4	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3
3.8	A general view of linear operators in a Lebesgue space /Lec/	2	2	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3
Section 4. General spectral theory				
4.1	Spectral theory in finite space /Lec/	2	4	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3
4.2	Operator functions/Lec/	2	2	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3
4.3	Spectral theory of completely continuous lines /Lec/	2	2	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3



4.4	Operator calculus of unlimited closed operators / Lec/	2	2	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3
4.5	Semigroups of operators /Lec/	2	2	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3
4.6	Doing homework, preparing for exams. Preparation for the exam. /IndW/	2	61,7	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3
Section 5. Other contact work				
5.1	Individual consultations, ongoing monitoring /OCW/	2	3,3	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3
5.2	Individual consultations, ongoing monitoring /OCW/	1	3,3	L1.1 L1.2 L1.3 L2.1 L2.2 L2.3 L2.4 W1 W2 W3

6. FUND OF ASSESSMENT MEANS

6.1. List of types of assessment tools

1. Report
2. Questions for credit

6.2. Typical control tasks and other materials for current certification

- Topics of the reports:
1. Partially ordered sets
 2. Topological space. Basic properties
 3. Normal and bicomact spaces
 4. Metric spaces
 5. Convergence and uniform convergence of generalized sequences
 6. Topological product of spaces
 7. Groups
 8. Linear spaces
 9. Algebra
 10. The principle of uniform limitation
 11. The principle of openness of displays
 12. Lebesgue spaces
 13. Special spaces
 14. Space $B(S)$
 15. Space $C(S)$
 16. Space AP
 17. Spaces $L_p(S)$
 18. Spaces of functions of a set
 19. Vector-valued measures
 20. $TM(S)$ space
 21. Functions of limited variation
 22. Convex sets in linear spaces
 23. Linear topological spaces
 24. Weak topologies. Definitions and basic properties
 25. Weak topologies. Bicomact and reflexivity
 26. Weak topologies. Metrizable. Unlimited sets
 27. Weak topologies. Weak bicomactness
 28. Extreme points
 29. Tangent functionals
 30. The fixed point Theorem

6.3. Typical control questions and assignments for interim certification



Exam questions for 1 semester:

1. The principle of uniform limitation
2. The principle of open display
3. The Hahn–Banach Theorem
4. Finite additive functions of a set
5. Lebesgue spaces
6. Countably additive functions of a set
7. Continuations of set functions
8. Interrelation of set functions
9. The Vitali-Khan-Sachs theorem and measure spaces
10. The Radon–Nikodim theorem
11. The product of spaces with measure
12. Differentiation
13. B-spaces

Exam questions for the 2nd semester:

1. Projectors
2. Weakly completely continuous operators
3. Completely continuous operators
4. Closed-domain operators
5. General view of linear operators in $C(S)$
6. General view of linear operators in Lebesgue space
7. Spectral theory in finite space
8. Operator functions
9. Spectral theory of completely continuous operators
10. Operator calculus of unlimited closed operators
11. Semigroups of operators

6.4. Evaluation criteria

On the exam, 2 questions are given from the list of questions on the topics of practical exercises.

The exam duration is 90 minutes. For each completed ticket assignment, a student can receive from 1 to 3 points. If the task is completed correctly, it is rated with 3 points. If the task is completed with errors, the points decrease depending on the number of mistakes made. If one mistake is made, the building is rated with 2 points, and two mistakes are made with 1 point. If more than two mistakes are made in the assignment or the student has not completed any task from the ticket, then he receives 0 points for it. The maximum number of points per exam is 6.

The results of the current assessment are taken into account when summarizing the results. The points received for the current certification are summed up with the points received for each stage during the intermediate certification.:

The grade "unsatisfactory" is given for 18 or less points.;

The "Satisfactory" rating is given for 19-25 points (level 1);

The "Good" rating is given for 25-29 points (level 2);

An Excellent score is given for 30-36 points (level 3).

Description of indicators and criteria for assessing competencies for the report:

There are 3 reports per semester. The report is given 15-20 minutes at the end of the pair (1 report for each pair). Each student prepares a report on one of the proposed topics. The maximum number of points per report is 10.

The score "credited" is given for 6-10 points, "not credited" - less than 6 points.

The completeness of the report is assessed according to the following criteria:

1. Completeness of the presentation of the theoretical material
2. A sufficient number of examples for the theoretical material
3. Examples of definitions and theorems are given.
4. Counterexamples are given to demonstrate under what conditions the theorems are not applicable.

7. EDUCATIONAL, METHODOLOGICAL AND INFORMATIONAL SUPPORT OF THE COURSE (MODULE)

7.1. Recommended literature

7.1.1. Basic literature

Authors, compilers	Title	Publisher, year	Resource
--------------------	-------	-----------------	----------



	Authors, compilers	Title	Publisher, year	Resource
L1.1	Barysheva I. V.	The Lebesgue measure and integral: a textbook (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=700303)	Lipetsk : Lipetsk State Pedagogical University named after P.P. Semenov-Tyan-Shansky, 2022	ELS
L1.2	Kirillov K.A., Kirillova S.V., Kytmanov A.A.	Functional Analysis: a textbook (https://znanium.com/catalog/document?id=432928)	Krasnoyarsk : Siberian Federal University, 2022	ELS
L1.3	Vidensky V. S., Budaev V. D., Vidensky I. V., Yakubson M. Ya.	Linear positive operators of finite rank. Bernstein polynomials: a textbook for universities (https://e.lanbook.com/book/383447)	Saint Petersburg : Lan, 2024	ELS

7.1.2. Further reading

	Authors, compilers	Title	Publisher, year	Resource
L2.1	Dunford N., Schwartz D. T., Kostyuchenko A. G.	Linear operators: scientific literature (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456615)	Moscow : Mir Publ., 1974	ELS
L2.2	Dunford N., Schwartz D. T., Kostyuchenko A. G.	Linear operators: scientific literature (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456616)	Moscow : Mir Publ., 1966	ELS
L2.3	Dunford N., Schwartz D. T., Kostyuchenko A. G.	Linear operators: scientific literature (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456617)	Moscow : Publishing House of Foreign Literature, 1962	ELS
L2.4	Karchevsky E. M., Lavrentieva E. E., Alexandrova I. L.	Linear operators in finite-dimensional spaces: a textbook for practical classes in algebra and geometry: a textbook (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=682415)	Kazan : Kazan Federal University (KFU), 2018	ELS

7.2. List of resources of the information and telecommunication network “Internet”

W1	eLIBRARY.RU [Electronic resource] : electronic library / Scientific Electronic Library - URL: http://elibrary.ru/defaultx.asp
W2	Russian Foundation for Basic Research (RFBR) - official website http://www.rfbr.ru/rffi/ru
W3	Scientific electronic library. Monographs published in the publishing house of the Russian Academy of Natural Sciences full-text resource of scientific and educational publications RAE https://www.monographies.ru/

7.3 List of information technologies

7.3.1 Software

LMS Moodle

Adobe Reader

7.3.2 Professional databases and reference systems

1. Web of Science (<https://apps.webofknowledge.com>) Web of Science : multidisciplinary abstract database / Thomson Reuters Company. - Access mode: for registered users of CSU. - Text : electronic.

2. SpringerLink International Abstract Database of Scientific Publications (<https://www.springer.com>)

8. MATERIAL AND TECHNICAL SUPPORT OF THE COURSE (MODULE)



For the realization of the course are used classrooms for seminars, group and individual consultations, current control and interim certification, as well as rooms for independent work.

The classrooms are equipped with specialized furniture and technical means of education: blackboard, desks, multimedia and audio equipment.

For seminars, classrooms equipped with a blackboard, desks, portable multimedia and audio equipment (if necessary) are used.

The rooms for independent work of students are equipped with computer equipment with Internet connection and access to the electronic information and educational environment of the University.

9. METHODOLOGICAL INSTRUCTIONS FOR STUDENTS TO MASTER THE COURSE (MODULE)

When studying this discipline, lectures and independent work of the student are used. In the lecture sessions, the main content of the program topics is presented, the main methods and approaches are considered.

For the most effective study of the discipline, the student is recommended:

- attend classes, briefly and thoughtfully take notes of the material, indicating the date of the lesson and the topic;
- independently work through the material both after each lesson and at the end of the topic, which allows you to link together the information you have received and create a complete picture.

In the case of application of e-learning, distance learning technologies in teaching the course, communication between students and teacher is carried out in real time (online lectures (webinars), chats, video conferences, etc.) or delayed time (distance learning system Moodle, forums, e-mail, etc.).

Most of the time students work independently with teaching and learning materials. Students have the opportunity to consult with the instructor on all issues arising in the course of independent work through e-mail, social networks, etc.

Access of the student to learning resources in the mode of deferred time, independent work is carried out through the Internet at a convenient place, time and pace.

When training persons with disabilities, e-learning, distance education technologies provide for the possibility of receiving and transmitting information in accessible forms.

Implementation of the course with the use of e-learning, distance education technologies (hereinafter - EE, DOT) is carried out on the basis of the “Regulations on the implementation of basic and additional educational programs with the use of e-learning and distance education technologies in the federal state budgetary educational institution of higher education ‘Chelyabinsk State University’, ”Regulations on the procedure for crediting students on basic professional educational programs of higher education In exceptional cases (force majeure, etc.) in the implementation of educational activities with the use of E-Learning, DOT may apply components that are not included in the list of electronic information and educational environment.

10. SPECIAL CONDITIONS FOR MASTERING THE COURSE OF STUDENTS WITH DISABILITIES AND DISABILITIES

The mastering of the course by disabled persons and persons with disabilities is carried out with the use of special technical means and holo-information technologies provided by the Resource Educational and Methodological Center for Education of Disabled Persons and Persons with Disabilities of CSU at the request of the student.

1. Mobile special technical means for persons with visual impairments: portable computer with Braille input/output with speech synthesizer “ElBraile-W14J G2”; laptops with NVDA screen access software; electronic magnifiers for remote viewing; portable video magnifiers; tiflo player; digital dictaphones.

2. Mobile special technical means for persons with hearing impairments: free sound field system with built-in compatibility with FM devices; radio class “Sonet-RSM” with transmitter, behind-the-ear inductor and induction loop; information system for the hearing impaired portable “Istok” A2 with built-in player - sound informer; document camera; programmable hearing aids for individual use.

3. assistive information technologies: screen access software with speech synthesis NVDA; screen magnification programs; speech synthesis programs for computers and laptops; speech synthesis programs for mobile devices; on-screen keyboard; screen magnifier.

If necessary, special software (NVDA speech navigation program, speech synthesizers, screen magnifiers) is installed at workplaces for practical or laboratory classes for students with visual impairments.

Unimpeded access to classrooms is provided for students with disabilities and students with disabilities. In each classroom, where students with disabilities and persons with disabilities, provides an appropriate number of seats for students, taking into account their health problems.

To master the course, disabled people and persons with disabilities are provided with access to printed sources available in the CSU scientific library, with the help of special technical means; access to electronic sources, presented in the form of electronic documents in the collection of the CSU scientific library or electronic library systems, with the help of special hardware and software (workstation for blind users with screen access software with speech synthesis NVDA, workstation with computerized).



Educational and methodical materials for students with disabilities and persons with disabilities are provided in forms adapted to the limitations of their health and perception of information:

For persons with visual impairments:

- in printed form in enlarged font,
- in the form of an electronic document,
- in the form of an audio file,
- in printed form in Braille.

For persons with hearing impairments:

- in printed form,
- in the form of an electronic document.

For persons with mobility impairments:

- In printed form,
- in the form of an electronic document,
- in the form of an audio file.

This list can be specified depending on the contingent of students.

For persons with disabilities and persons with disabilities mastering the course can be partially or fully implemented using distance education technologies (Moodle, Adobe Connect Pro, etc.).

In the mastering of the course by disabled people and persons with disabilities is used individual work. Individual work means two forms of interaction with the teacher: individual training work (consultations), i.e. additional explanation of the educational material and in-depth study of the material with those students who are interested in it, and individual educational work. Individual consultations are aimed at individualizing learning and establishing educational contact between the teacher and a disabled student or a student with disabilities.

When conducting the procedure for assessing the learning outcomes of disabled people and persons with disabilities in the course provides the following additional requirements depending on the individual characteristics of students:

- a) instruction on the order of the assessment procedure is provided in an accessible form (orally, in written form, in written form in Braille, orally with the use of sign language interpreter);
- b) accessible form of providing assessment tasks (in printed form, in printed form in enlarged font, in printed form in Braille, in the form of an electronic document, tasks are read out by an assistant, tasks are provided with the use of sign language interpreter);
- c) an accessible form of providing answers to tasks (in writing on paper, typing answers on a computer, in writing in Braille, using the services of an assistant, orally).

When conducting the procedure for evaluating the learning outcomes of persons with disabilities and persons with disabilities, the use of technical means necessary for them due to their individual characteristics is envisaged. These means may be provided by CSU or the university's own technical means may be used. If necessary, persons with disabilities and persons with disabilities are given additional time to prepare an answer to the tasks, the procedure of assessment of learning outcomes in the course can be conducted in several stages.

The procedure of assessment of learning outcomes for persons with disabilities and persons with disabilities is allowed using distance learning technologies.

