

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра дискретного анализа

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета ИВТ

 Д.Ю. Чалый

« 23 » мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины
«Комплексный анализ»

Направление подготовки
01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль)
«Искусственный интеллект»

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
очная

Программа рассмотрена на
заседании кафедры
от 11 апреля 2023 г.,
протокол № 4

Программа одобрена НМК
факультета ИВТ
протокол № 6 от
28 апреля 2023 г.

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Комплексный анализ» является расширение содержания понятий, связанных с функциями, формирование представления о теории аналитических функций. Дисциплина «Комплексный анализ» обеспечивает приобретение знаний и умений в соответствии с ФГОС ВО, содействует формированию мировоззрения и развитию способности понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат. Кроме того, дисциплина должна обеспечивать развитие логического, эвристического и алгоритмического мышления и давать представление о месте и роли математики в современном мире, мировой культуре и истории.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы бакалавриата (магистратуры, специалитета)

Дисциплина «Комплексный анализ» входит в модуль «Действительный и комплексный анализ».

Изучение дисциплины «Комплексный анализ» направлено на освоение студентами основных понятий и методов теории функций комплексного переменного и операционного исчисления. Задача дисциплины – научить студентов использовать эти методы и приемы для решения прикладных задач по специальности.

Требования к входным знаниям и умениям: курс математического анализа высшей школы: дифференциальное и интегральное исчисление, теория числовых и функциональных рядов, теория функций нескольких переменных, дифференциальные уравнения. Дисциплина осваивается в седьмом семестре.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы бакалавриата (магистратуры, специалитета)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
Общепрофессиональные компетенции		

<p>ОПК-2. Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач.</p>	<p>ИОПК 2.1 Осуществляет выбор и адаптацию математических методов и систем программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач.</p>	<p>Знать: понятие комплексного числа, модуль и аргумент, главное значение аргумента, сумма, произведение, частное комплексных чисел, степень; различные формы записи комплексного числа: показательная, алгебраическая, тригонометрическая; понятие функции комплексного переменного, действительная, мнимая части; предел функции в точке, непрерывность, производная, условия Коши-Римана, аналитическая функция, гармоническая функция, геометрический смысл модуля и аргумента производной, конформное отображение; основные элементарные функции комплексного</p>
---	--	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 акад. часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)					Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		самостоятельная работа
1.	Теория функций комплексного переменного.		20	28				70	
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>							20	
2.	Операционное исчисление.		10	12				40	
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>							10	
	ИТОГО		30	40				110	Экзамен
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>							30	

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Теория функций комплексного переменного.

Комплексные числа и действия с ними. Функции комплексного переменного. Предел и непрерывность ФКП. Элементарные функции, их свойства. Дифференцируемость и аналитичность. Условия Коши-Римана. Гармонические и аналитические функции. Конформные отображения. Интегрирование по комплексной переменной. Теорема Коши. Интегральная формула Коши. Последовательности комплексных чисел. Ряды Тейлора. Ряды Лорана. Изолированные особые точки. Вычеты. Применение вычетов. Применение ТФКП.

Раздел 2. Операционное исчисление.

Преобразование Лапласа. Класс оригиналов и изображений. Основные теоремы. Нахождение изображения с помощью интеграла Лапласа и с помощью известных изображений и теорем. Способы восстановления оригинала по изображению. Применение методов операционного исчисления для решения интегралов, дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений.

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Формы преподавания комплексного анализа, который завершает курс математического анализа, достаточно традиционны.

Это *лекции и практические занятия*. Практические занятия, в зависимости от цели, подразделяются на занятия, на которых изучается новый материал, занятия закрепления материала, повторения пройденного за некоторый промежуток времени, контрольные занятия.

По темам, имеющим фундаментальный характер, проводятся занятия коррекции.

Групповые консультации проводятся перед контрольными мероприятиями (контрольные работы, зачетные работы, экзамены) для большой группы студентов с целью систематизации знаний и устранению имеющихся сложностей с пониманием материала общего характера.

Индивидуальные консультации проводятся регулярно для желающих с целью устранения имеющихся у студентов проблем с материалом частного характера.

Самостоятельная работа реализуется:

1. Непосредственно в процессе аудиторных занятий.
2. В контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
3. В библиотеке, дома, и т.д. при выполнении студентом учебных задач.

Перенос активности студентов на работу во внеаудиторное время связан с рядом трудностей, основная из которых - это неготовность к самостоятельному труду большинства студентов, особенно младших курсов. Поэтому на практических занятиях по комплексному анализу преподаватель старается приучить студента работать самостоятельно, отводя для этого около половины времени на самостоятельное решение задач.

Поэтому достижения студентов в течение семестра учитываются при подведении итогов.

На Google Диск для группы студентов мы создаем таблицу в формате Excel, в которой ведется учет по контрольным мероприятиям каждой темы (контрольная работа, опросы по теории и т.д.). Определенная сумма баллов за семестр дает право сдавать экзамен (допуск к экзамену). Сумма баллов, полученных студентом на экзамене, добавляется к семестровой сумме, и делается перевод в обычную пятибалльную шкалу оценок. Таким образом, экзаменационная отметка во многом определяется оценками, полученными студентом в течение семестра. Это заставляет студента работать в течение всего семестра. Выполнение заданий, связанных с простым воспроизведением лекционного материала + работа в семестре, позволяющая перейти пороговый рубеж усвоения, дает возможность получения удовлетворительной оценки. Решение усложненных задач на основе приобретенных знаний, умений и

навыков с их применением в нетипичных ситуациях, позволяет студенту получить хорошую или отличную оценку.

Экзамен проводится в письменной форме, способствующей выставлению более объективной отметке по сравнению с устной формой.

Для каждой академической группы составляется комплект вопросов, равномерно покрывающих весь материал курса. Примерные комплекты вопросов приведены в приложении.

Описанная система оценивания обладает очевидными достоинствами. Все студенты поставлены в одинаковые условия, причем на экзамене им предлагается большое число одних и тех же для данной группы вопросов. Это позволяет адекватно оценить уровень подготовки каждого студента, и объективность оценки знаний каждого студента не подвергается сомнению.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса используются: для разработки документов, презентаций, для работы с электронными таблицами OfficeStd 2013 RUS OLP NL Acdmc 021-10232 LibreOffice (свободное) издательская система LaTeX; для поиска учебной литературы библиотеки ЯрГУ Автоматизированная библиотечная информационная система "БУКИ-NEXT" (АБИС "Буки-Next")

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

1. ОС семейства Microsoft Windows
2. Libre Office
3. MozillaFirefox
4. Microsoft Office 365

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Кашинцева О.А. Математика. Теория функций комплексного переменного: учебное пособие для вузов / Кашинцева О.А., Сенатова И.А. - Череповец: ФГБОУ ВПО ЧГУ, 2011. - 153 с. <https://edu.chsu.ru/>
2. Привалов, И. И. Введение в теорию функций комплексного переменного: учебник для вузов / И. И. Привалов. — 16-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 432 с. — ISBN 978-5-8114-9392-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/193364>
3. Соболев, В. В. Введение в комплексный анализ: учебное пособие / В. В. Соболев, Г. И. Волокитин. — Ростов-на-Дону: Донской ГТУ, 2017. — 162 с. — ISBN 978-5-7890-1288-

8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.
— URL: <https://e.lanbook.com/book/238121>

б) дополнительная литература

1. Ганичева, А. В. Основы теории функции комплексной переменной. Операционное исчисление: учебное пособие для вузов / А. В. Ганичева. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 148 с. — ISBN 978-5-8114-7271-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/173082>
2. Курс высшей математики. Теория функций комплексной переменной: учебное пособие / И. М. Петрушко, А. Г. Елисеев, В. И. Качалов, С. Ф. Кудин. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 368 с. — ISBN 978-5-8114-1064-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210425>

в) ресурсы сети «Интернет»

1. Электронная библиотека «Университетская библиотека online». URL: <http://biblioclub.ru/>
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». URL: <http://window.edu.ru/>
3. Образовательный портал Череповецкого государственного университета. URL: <https://edu.chsu.ru/>
4. Образовательная платформа Открытый МГТУ, онлайн курсы: Теория функций комплексного переменного: URL: <https://online.bmstu.ru/courses/coursev1:BMSTU+TFKP101+2018/about>

Приложение № 1 к рабочей программе дисциплины
Комплексный анализ

**Фонд оценочных средств
для проведения текущего контроля успеваемости
и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

1. Типовые контрольные задания и иные материалы,
используемые в процессе текущего контроля успеваемости

Перечень оценочных средств

Компетенции	Индикаторы достижения компетенций	Оценочные средства
ОПК-2. Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач.	ИОПК 2.1 Осуществляет выбор и адаптацию математических методов и систем программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач.	Индивидуальные домашние задания по темам Проверочная работа по теме Контрольные работы по разделам Вопросы к экзамену.

Тематика индивидуальных заданий и проверочных работ

1. Индивидуальное задание по теме «Комплексные числа».

- 1) Изобразить на комплексной плоскости число $z = (3 + i)^2 / (1 - 2i)$.
- 2) Найти сумму и частное чисел $z_1 = 3e^{\pi i}$, $z_2 = (4 + 3i)^3$.
- 3) Найти действительную и мнимую части, модуль, аргументы числа, сопряженное комплексному числу $z = 2(\cos \frac{\pi}{3} + \sin \frac{\pi}{3})$.
- 4) Найти корень из комплексного числа $\sqrt[3]{1 + i}$. Изобразить на окружности.
- 5) Изобразить на комплексной плоскости множество точек, удовлетворяющих условиям:
 $0 < \operatorname{Re} z < 3$, $0 < \operatorname{arg} z < \pi$

2. Проверочная работа по теме «ТФКП».

- 1) Найти множество точек, удовлетворяющих условию: $\arg \frac{z - z_1}{z - z_2} = 0$.
- 2) Найти значение функции в точке: $\operatorname{Ln} (2 + 2i)$.
- 3) Проверить условия КРЭДа и найти производную функции: $\omega = \cos 3z$.
- 4) Найти действительную и мнимую части функции: $u = z^2 + \frac{z}{\bar{z}}$.

3. Индивидуальное задание по теме «Применение операционного исчисления».

1. Решить методом операционного исчисления систему дифференциальных уравнений
- $$\begin{cases} \dot{x} = x + 2y \\ \dot{y} = 2x + y + 1 \end{cases} \quad \text{при заданных начальных условиях } x(0) = 0, y(0) = 5.$$

Тематика контрольных работ

Контрольная работа №1 по теме «ТФКП»

Примерный вариант.

- Доказать, что функция $\omega = (z - 3)^2$, определяет конформное отображение области $D = \{z : |z - i| \leq 1, \frac{\pi}{2} < \arg z < \pi\}$.
- Найти коэффициент растяжения и угол поворота при отображении $\omega = z^2$ в точке $z_0 = 1 + i$.
- Найти образ кривой $l : |z| = \frac{1}{2}$ при отображениях: а) $\omega = 2z + 1$, б) $\omega = \frac{1}{z}$, в) $\omega = \frac{z}{z+i}$.
- Найти дробно-линейное преобразование, переводящее точки $-1, i, 1 + i$ в точки $0, 2i, 1 - i$.
- Вычислить интегралы
 - непосредственно $\int_l \operatorname{Im}(z - 1)^2 dz$, l – отрезок прямой от $O(0, 0)$ до $A(1, 1)$.
 - с помощью теоремы Коши: $\oint_{|z-1|=1} \frac{e^z dz}{z(1-z)^3}$.

Контрольная работа № 2 по теме «ТФКП»

Примерный вариант.

- Исследовать на сходимость числовой ряд: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{3in^2 - 2n}{n^3 + 3 - i}$
- Определить радиус и область сходимости ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} (n + i)z^n$
- Разложить в ряд Тейлора по степеням $(z - 1)$ функцию $\omega = \ln z$.
- Вычислить вычеты функции в особых точках.
 - $\omega = \frac{\sin 2z}{(z + i)^3}$; 2) $\omega = \frac{2z}{z^2 - 1}$; 3) $\omega = (z + 1)5^{\frac{1}{z+1}}$; 4) $\omega = z^2 \operatorname{arctg} \frac{1}{z^2}$.
- Вычислить интегралы с помощью вычетов а) $\oint_l \frac{dz}{(z^2+1)z}$, $l: x^2 + y^2 = 2y$, б) $\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{dx}{(x^2+1)(x^2+9)}$.
- Разложить в ряд Лорана
 - по степеням z функцию $\omega = \frac{z}{z+1}$ в окрестности точки $z = 0$ и $z = \infty$.
 - по степеням z функцию $\omega = \frac{1}{(z-1)(z+2)}$ в области $0 < |z| < 1$.

Контрольная работа № 3 «Операционное исчисление»

Примерный вариант

1. Пользуясь определением, найти изображение Лапласа функции:

$$\begin{cases} t, & 0 \leq t < 1 \\ 1, & 1 \leq t < 2 \\ 3 - t, & 2 \leq t < 3 \\ 0, & 3 \leq t \end{cases}$$

2. Найти изображение функции $\int_0^t \tau^2 \cos \tau d\tau$.
3. Найти оригиналы функций 1) $F(p) = \frac{1}{p(p-1)(p^2+1)}$, 2) $F(p) = \frac{p}{p^2+6p+4}$, 3) $F(p) = \frac{1}{p} \cos p$.
4. Решить методом операционного исчисления дифференциальное уравнение $y'' + y = 2 \cos t$ при заданных начальных условиях $y(0) = 0, y'(0) = -1$.

2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации.

Для формирования базы освоения компетенций дисциплины студентам предлагается подготовиться по следующему перечню вопросов, выносимых на экзамен:

№ п./п.	Вопросы к экзамену
1	Комплексные числа: определение, изображения, три формы.
2	Действия над комплексными числами.
3	Понятие ФКП. Многосвязные области. Область определения и множество значений. Действительная и мнимая часть. Выражения для x и y .
4	Предел и непрерывность ФКП.
5	Основные элементарные функции.
6	Дифференцируемость ФКП. Определение производной. Необходимые и достаточные условия дифференцируемости. Условия Коши-Римана. Определение и свойства аналитических функций.
7	Гармонические функции. Гармонические пары.
8	Конформные отображения.
9	9. Сохранение углов при конформных отображениях. Геометрический смысл аргумента производной.
10	О постоянстве растяжений при конформных отображениях. Коэффициент растяжения. Геометрический смысл модуля производной.
11	Понятие многолистности. Критерий конформности.
12	Линейная функция. Ее конформное отображение.
13	Простейшая дробно-линейная функция. Ее конформное отображение. Геометрический смысл отображения. Понятие инверсии. Построение образа точки.
14	Дробно-линейная функция. Ее конформное отображение.
15	Степенная функция. Ее конформное отображение. Понятие римановой поверхности.
16	Тригонометрические, гиперболические функции, функция Жуковского. Их конформные отображения.
17	Интегрирование по комплексному аргументу. Определение интеграла от ФКП. Теорема существования. Свойства. Интеграл от многозначной функции.
18	Теорема Коши. Следствия из теоремы. Интегральная формула Коши. Следствия.
19	19. Числовые ряды с комплексными членами.

20	Функциональные (степенные) ряды с комплексными членами. Основные понятия. Теорема Абеля. Нахождение области и радиуса сходимости рядов.
21	Ряды Тейлора и Маклорена. Таблица разложения в ряд Маклорена основных элементарных функций.
22	Ряды Лорана. Теорема Лорана. Следствия.
23	Изолированные особые точки и их классификация. Типы бесконечно удаленной особой точки.
24	Два определения вычета. Формулы для нахождения вычетов.
25	Основные теоремы о вычетах.
26	Применение вычетов к вычислению интегралов.
27	Применение ТФКП.
28	Операционное исчисление. Определение оригинала. Показатель степени роста.
29	Преобразование Лапласа или изображение. Свойства изображений. Область определения и область аналитичности изображения. Преобразование Хевисайда.
30	Изображение некоторых элементарных функций: единичной функции Хевисайда.
31	Изображение некоторых элементарных функций: простейшей степенной, показательной.
32	Свойства изображений. Основные теоремы. Таблица изображений.
33	Нахождение изображения с помощью интеграла Лапласа. Свои примеры.
34	Нахождение изображения с помощью известных изображений и теорем. Свои примеры.
35	Определение оригинала по изображению при помощи использования таблицы и свойств изображений. Свои примеры.
36	Интеграл Меллина. Условия существования оригинала и вычисление интеграла Меллина.
37	Теоремы разложения.
38	Применение операционного исчисления для решения обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.
39	Применение операционного исчисления для решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.
40	Применение операционного исчисления для решения дифференциальных уравнений с частными производными.
41	Применение операционного исчисления для вычисления несобственных интегралов.

1. Критерии оценки выполнения индивидуального задания

От 4 до 5 баллов выставляется студенту, если по итогам он решил правильно больше, чем половину заданий.

От 0 до 3 баллов выставляется студенту, если он решил правильно половину или менее, чем половину заданий.

2. Критерии оценки выполнения проверочной работы

От 3 до 5 баллов выставляется студенту, если по итогам он решил правильно больше, чем половину заданий.

От 0 до 3 баллов выставляется студенту, если он решил правильно половину или менее, чем половину заданий.

3. Критерии оценки выполнения контрольной работы

От 8 до 15 баллов выставляется студенту, если по итогам он решил правильно больше, чем половину заданий.

От 0 до 7 баллов выставляется студенту, если он решил правильно половину или менее, чем половину заданий.

4. Критерии оценки знаний на экзамене

Ответ на экзамене оценивается от 20 (минимум) до 40 баллов (максимум). Это может быть:

1) экзаменационный тест из 18-22 заданий, 2) экзаменационный билет, содержащий два теоретических вопроса (максимум по 15 баллов) и одну задачу (максимум 10 баллов), преподаватель может задать дополнительные три вопроса. Студент, набравший менее 20 баллов, получает в итоге за экзамен 0 баллов.

Шкала оценивания компетенций:

Оценка в 100-балльной шкале	Оценка в 5-ти балльной шкале	Уровень сформированности компетенций
0-54 баллов	неудовлетворительно (не зачтено)	недостаточный
55-69 баллов	удовлетворительно (зачтено)	базовый
70-85 баллов	хорошо (зачтено)	повышенный
86-100 баллов	отлично (зачтено)	

Критерии оценивания компетенций:

Индикаторы достижения компетенций	Критерии оценивания компетенций		
	Недостаточный уровень	Базовый уровень	Повышенный уровень

<p>ИОПК2.1 Осуществляет выбор и адаптацию математических методов и систем программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач.</p>	<p>Не знает основные определения; не владеет понятийным аппаратом. Испытывает серьезные затруднения при осуществлении выбора и адаптации методов комплексного анализа для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач.</p>	<p>Знает в основном и воспроизводит основные определения, формулы, методы комплексного анализа. Владеет навыками использования базовых теоретических знаний и практических умений в рамках программы. Демонстрирует умение осуществлять выбор и адаптацию методов комплексного анализа для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач.</p>	<p>Знает и понимает основные определения, формулы; методы комплексного анализа и операционного исчисления. Свободно владеет математической символикой, понятийным аппаратом. Самостоятельно и грамотно осуществляет выбор и адаптацию методов комплексного анализа, в том числе операционного исчисления, для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач, в том числе в новой или нестандартной ситуации.</p>
---	--	---	--

Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины Комплексный анализ

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Комплексный анализ» являются лекции. В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала, обращая внимание на формулировки, раскрывающие содержание тех или иных понятий, на последовательность выводов, использование при доказательстве тех или иных фактов. Можно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать различного рода пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал лекции, а также вопросы с целью уяснения теоретических выводов. По большинству тем предусмотрены практические занятия, на которых происходит закрепление лекционного материала путем применения его к конкретным задачам. Практические занятия проводятся для выработки навыков решения практических задач и лучшего усвоения учебного материала. В начале практического занятия происходит обсуждение задач, решенных студентами самостоятельно дома. Это возможность для студентов еще раз обратить внимание на не понятные до сих пор моменты и окончательно разобрать их. Преподаватель может выборочно проверить записи с самостоятельно решенными задачами. Для успешного освоения дисциплины очень важно решение достаточно большого количества задач, как в аудитории, так и самостоятельно в качестве домашних заданий. Примеры решения задач разбираются на лекциях и практических занятиях, при необходимости по наиболее трудным темам проводятся дополнительные консультации. Основная цель решения задач – помочь усвоить фундаментальные понятия и основы математического анализа. В ходе подготовки к практическому занятию необходимо прочитать конспект лекции, изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой. При подготовке к лекциям, занятиям, коллоквиуму, экзамену необходимо делать записи. Записи помогают понять построение изучаемого материала, выделить основные положения, проследить их логику. Вообще, большое внимание должно быть уделено выполнению домашней работы. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагаются задачи, аналогичные разобранным на лекциях и практических занятиях или немного более сложные, которые являются результатом объединения нескольких базовых задач.

Для проверки и контроля усвоения теоретического материала, приобретенных практических навыков работы с аппаратом аналитических функций, в течение обучения проводятся мероприятия текущей аттестации в виде контрольных работ. В конце изучения дисциплины студенты сдают допуск к экзамену по практической части курса и экзамен.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

Для самостоятельной работы особенно рекомендуется использовать учебную литературу:

1. Сидоров, Ю. В., Лекции по теории функций комплексного переменного : учеб. пособие для студентов вузов / Ю. В. Сидоров, М. В. Федорюк, М. И. Шабунин, М., Наука, 1976, 407с
2. Невский, М. В., Элементы теории функций комплексного переменного [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности Компьютерная безопасность / М. В. Невский; Яросл. гос. ун-т, Ярославль, ЯрГУ, 2014, 105с
3. Краснов, М. Л., Функции комплексного переменного : операционное исчисление. Теория устойчивости : учеб. пособие для вузов / М. Л. Краснов, А. И. Киселев, Г. И. Макаренко, М., Наука, 1971, 255с
4. Леонтьева, Т. А., Задачи по теории функций комплексного переменного : учеб. пособие / Т. А. Леонтьева, В. С. Панферов, В. С. Серов, М., , 1991, 255с
5. Зафиевская, Л. А., Ряды и интегралы в комплексной плоскости : метод. указания / Л. А. Зафиевская, Г. В. Шабаршина ; Яросл. гос. ун-т. Ч. 2, Ярославль, ЯрГУ, 2004, 18с

Также для подбора учебной литературы рекомендуется использовать:

1. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» (www.biblioclub.ru) - электронная библиотека, обеспечивающая доступ к наиболее востребованным материалам-первоисточникам, учебной, научной и художественной литературе ведущих издательств (*регистрация в электронной библиотеке – только в сети университета. После регистрации работа с системой возможна с любой точки доступа в Internet.).

2. [Электронная библиотека издательства «Лань»](#) – это ресурс, содержащий электронные версии книг ведущих издательств учебной, научной литературы и периодических изданий по различным областям знаний. ЭБС издательства «Лань» предоставляет доступ к коллекциям: Математика – издательство «Лань»; Информатика – издательство «Лань».

3. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php) содержит более 2500 полных текстов учебных и учебно-методических материалов по основным изучаемым дисциплинам, изданных в университете. Доступ в сети университета, либо по логину/паролю.

4. Электронная картотека «Книгообеспеченность» (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_bookreq_find.php) раскрывает учебный фонд научной библиотеки ЯрГУ, предоставляет оперативную информацию о состоянии книгообеспеченности дисциплин основной и дополнительной литературой, а также цикла дисциплин и специальностей. Электронная картотека «Книгообеспеченность» доступна в сети университета и через Личный кабинет.