

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Утверждено  
на заседании кафедры  
протокол № 9 от 21.06.2017 г.

Зав. кафедрой

 /Ишкин Х.К.

Согласовано:

Председатель УМК  
факультета математики и  
информационных технологий

 /Ефимов А.М.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина Комплексный анализ

*(наименование дисциплины)*

Базовая часть

*(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))*

**программа бакалавриата**

Направление подготовки

01.03.02 Прикладная математика и информатика

*(указывается код и наименование направления подготовки (специальности))*

Направленность (профиль) подготовки - «Математическое моделирование и вычислительная математика»

Квалификация

бакалавр

Разработчик (составитель)

Доцент, к.ф.-м.н.

\_\_\_\_\_/Р.А. Башмаков

Для приема: 2017 года

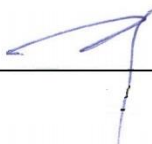
Уфа 2017 г.

Составитель: доцент, к.ф.-м.н. Башмаков Р.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры математического анализа протокол от «21» июня 2017 г. № 9

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры математического анализа, протокол № 7 от «25» июня 2018 г.

Заведующий кафедрой

  
/ Ишкин Х.К.

## Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине
  - 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
  - 4.3. Рейтинг-план дисциплины
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
  - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
  - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	-1.Знать основные концепции дисциплин, основные теоремы и следствия, методы решения и анализа типовых задач.	ОПК-1 - способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.	
Умения	1. Уметь использовать на практике знания дисциплин, корректно формулировать задачи и обоснованно выбирать методы их решения.	ОПК-1	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. Владеть базовыми математическими знаниями и их применением для решения задач теоретического и прикладного характера.	ОПК-1	

## 2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

### 1.

Дисциплина «Комплексный анализ» входит в базовую часть цикла Б1.Б.05 Дисциплины (модули). Для ее успешного изучения необходимы знания и умения, приобретенные в результате освоения предшествующих дисциплин: математический анализ, алгебра, аналитическая геометрия.

Освоение дисциплины «Комплексный анализ» необходимо при последующем изучении дисциплин «Функциональный анализ», «Уравнения в частных производных», «Численные методы» и ряда других.

Дисциплина тесно связана с такими дисциплинами как «Высшая алгебра», «Математический анализ».

## 3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

## 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции

ОПК-1 - способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Неудовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	1.Знать основные концепции дисциплин, основные теоремы и следствия, методы решения и анализа типовых задач.	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о концепции дисциплины, основных теоремах и методах решения и анализа типовых задач. Фрагментарное понимание основных понятий	Неполные представления о концепции дисциплины, основных теоремах и методах решения и анализа типовых задач. Фрагментарное понимание основных понятий дисциплины и	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления концепции дисциплины, основных теоремах и методах решения и анализа типовых

			дисциплины и подходов к решению практических задач.	подходов к решению практических задач.	задач. Фрагментарное понимание основных понятий дисциплины и подходов к решению практических задач.
Второй этап (уровень)	1. Уметь использовать на практике знания дисциплин, корректно формулировать задачи и обоснованно выбирать методы их решения.	Отсутствие умений	Фрагментарные умения в использовании и на практике знания дисциплины	В целом успешное, но не систематическое использование на практике современных вычислительных средств	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование на практике знания дисциплины и использование на практике современных вычислительных средств
Третий этап (уровень)	1. Владеть базовыми математическими знаниями и их применением для решения задач теоретического и прикладного характера.	Отсутствие владения	Фрагментарное владение навыками базовых математических знаний и их применением для решения задач теоретического и прикладного характера.	В целом успешное, но не систематическое применение навыков базовых математических знаний и их применением для решения задач теоретического и прикладного характера.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков математических знаний и их применение для решения задач теоретического и прикладного характера. Владеть

					основными методами, способами и средствами получения, хранения и переработки информации и способностью применять современные вычислительные технологии в профессиональной деятельности
--	--	--	--	--	--

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (для экзамена: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10; для зачета: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

(для экзамена:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

для зачета:

зачтено – от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),

не зачтено – от 0 до 59 рейтинговых баллов).

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	1. Знать основные концепции дисциплин, основные теоремы и следствия, методы решения и анализа типовых задач.	ОПК-1 - способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной	Контрольная работа, экзамен

		математикой и информатикой.	
2-й этап Умения	1. Уметь использовать на практике знания дисциплин, корректно формулировать задачи и обоснованно выбирать методы их решения.	ОПК-1 - способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.	Контрольная работа, РГР, экзамен
3-й этап Владеть навыками	1. Владеть базовыми математическими знаниями и их применением для решения задач теоретического и прикладного характера.	ОПК-1 - способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.	Контрольная работа, РГР, экзамен

Для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов предусмотрено проведение 3 контрольных работ и одного компьютерного тестирования в системе WebWork.

Контрольные работы и тестовые задания охватывают весь пройденный материал на лекциях и семинарских занятиях. Формами контроля являются зачет и экзамен.

### Контрольные работы:

#### Контрольная работа №1 (комплексные числа, функции)

##### Вариант 1

1. Найти  $|z|$ ,  $\arg z$ ,  $\arg w$ ,  $z+w$ ,  $zw$ ,  $\frac{z}{w}$ ,  $z^{12}$  представить  $z$  в тригонометрической и показательной формах, если  $z = -4\sqrt{3} + 4i$ ,  $w = -2$
2. Вычислить  $\sqrt[3]{-8-8i}$  и изобразить все значения на плоскости.
3. Изобразить множества точек  $z$  на плоскости



$$1) \left| \frac{z-1}{z+1} \right| = 1, \quad 2) \operatorname{Re}(2i(z+1+i)) = 1$$

4. Вычислить

$$\frac{(2+3i)(1-6i)}{-4i}$$

Задача 5: Используя основную теорему Коши (для односвязной и многосвязной области), интегральную формулу Коши и интегральную формулу для производных

аналитической функции, вычислить интеграл по замкнутому контуру  $\oint_{|z|=1} \frac{z^2}{z-2i} dz$

Ответы: 1).  $4\pi i$       2).  $1-2i$       3). 0      4).  $2i+1$       5).  $-8\pi i$

Задача 6 Разложить функцию  $f(z) = \frac{1}{1+z^2}$  в ряд Тейлора в окрестности нуля.

Ответы: 1).

2).  $1 - z + z^2 - z^3 + \dots + (-1)^n z^n + \dots$

3).  $1 + z^2 + z^4 + z^6 + \dots + z^{2n} + \dots$

4).  $1 + z + z^2 + z^3 + \dots + z^n + \dots$

5). нет правильного ответа

Задача 7 Разложить в ряд Лорана в окрестности т.  $z=0$  функцию  $f(z) = \frac{e^z - 1}{z}$

Ответы: 1).  $1 + \frac{1}{2!} + \frac{z^2}{3!} + \frac{z^3}{4!} + \frac{z^4}{5!} + \dots$       2). не разлагается

3).  $1 - \frac{z}{2!} + \frac{z^2}{3!} - \frac{z^3}{4!} + \frac{z^4}{5!} + \dots$       4).  $\frac{1}{2!} - \frac{z^2}{3!} + \frac{z^4}{6!} - \frac{z^6}{8!} + \dots$

5). нет правильных ответов

## Контрольная работа №2 (конформные отображения)

### Вариант 1

1. Найти отображение, переводящее область  $\{z: \operatorname{Re} z > 1, |z-1| > 1\}$  на область

$$\{w: \operatorname{Re} w > 0\}.$$

2. Найти образ области  $\{z: \operatorname{Re} z > 1, |\operatorname{Im} z| < \pi\}$  при отображении  $w = e^z$ .

3. Отобразить область  $\{z: |z| > 1, z \notin [1, 2]\}$  на верхнюю полуплоскость

### Контрольная работа №3

Вычислить с помощью вычетов

$$1. \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{(x^2+1)} dx$$

$$2. \int_0^{2\pi} \frac{\sin^2 x}{(3+2 \cos x)} dx$$

$$3. \int_0^{\infty} \frac{\cos x}{(1+x^4)} dx$$

$$4. \int_{|z|=1} \frac{\operatorname{ctg} z}{z} dx$$

### Экзаменационные билеты

Экзамен является оценочным средством для всех этапов освоения компетенций.

Структура экзаменационного билета: билет состоит из 2 вопросов, по 1 из каждой части, на которые условно делится прочитанный в течение семестра лекционный курс.

### Вопросы для экзамена по комплексному анализу

1. Комплексные числа и операции над ними. Комплексная плоскость.
2. Сфера Римана. Стереографическая проекция. Расширенная комплексная плоскость.
3. Открытые и замкнутые множества в  $\mathbb{C}$ . Связность. Компактные множества. Кривые на плоскости
4. Предел последовательности. Функции комплексной переменной. Предел функции комплексной переменной. Непрерывность. Однолиственность
5. Дифференцируемость (определение, свойства) Дифференцируемость и условия Коши - Римана.
6. Формальные производные. Определение аналитической (голоморфной) функции
7. Геометрический смысл аргумента и модуля производной. Конформные отображения. Локальная конформность аналитической функции.
8. Гармонические функции. Восстановление аналитической функции по ее вещественной или мнимой части.
9. Функция  $\sqrt[n]{z}$  и ее Риманова поверхность.
10. Функция  $e^z$ . Логарифмическая функция и ее Риманова поверхность.
11. Элементарные функции (степенная, с натуральным показателем, общая степенная и общая показательные функции). Тригонометрические функции.
12. Функция Жуковского.
13. Дробно - линейная функция.
14. Круговое свойство дробно - линейных отображений.
15. Общий вид дробно-линейного отображения, переводящего три точки в три заданные.
16. Сохранение симметрии при дробно-линейном отображении.

17. Дробно-линейные изоморфизмы полуплоскости на круг; круга на круг.
18. Интеграл от функции комплексной переменной. Простейшие свойства. Лемма Гурса.
19. Интегральная теорема Коши.
20. Интегральная теорема Коши (обобщение). Случай многосвязной области.
21. Интегральная формула Коши. Теорема о среднем.
22. Интеграл типа Коши.
23. Первообразная. Теорема Морера.
24. Числовые и функциональные ряды.
25. Теоремы о равномерно сходящихся рядах
26. Теорема Вейерштрасса.
27. Степенные ряды. Лемма Абеля. Теорема Коши-Адамара
28. Разложение аналитической функции в ряд Тейлора.
29. Неравенства Коши. Теорема Лиувилля.
30. Ряды Лорана. Разложение функций в ряд Лорана (теорема Лорана).
31. Изолированные особые точки однозначного характера. Классификация и примеры.
32. Связь между нулями и полюсами аналитических функций.
33. Изолированные особые точки однозначного характера. Связь между главной частью ряда Лорана и типом особенности.
34. Вычеты (определение, примеры). Вычет в бесконечно удаленной точке.
35. Основные теоремы о вычетах. (Теорема Коши о вычетах, Теорема о сумме вычетах)
36. Способы вычисления вычетов в полюсах.

37. Применение теории вычетов к вычислению определенных интегралов  $\int_0^{2\pi} R(\cos\varphi, \sin\varphi) d\varphi$

38. Применение теории вычетов к вычислению интегралов  $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{P(x)}{Q(x)} dx.$

39. Применение теории вычетов к вычислению определенных интегралов  $\int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{i\lambda x} dx.$  Лемма Жордана.

40. Логарифмический вычет. Принцип аргумента.
41. Теорема Руше. Основная теорема алгебры.
42. Теорема единственности.
43. Принцип максимума модуля аналитической функции.
44. Элементы операционного исчисления (оригинал, изображение, преобразование Лапласа, примеры)
45. Свойства преобразования Лапласа.
46. Приложения к решению простейших дифференциальных уравнений и систем

Образцы экзаменационных билетов:

**Башкирский государственный университет**

Кафедра математического анализа

«Комплексный анализ»

20\_\_-20\_\_ учебный год

Экзаменационный билет № 13

1. Геометрический смысл аргумента и модуля производной. Конформные отображения.

2. Приложение вычетов к вычислению интегралов.

Заведующий кафедрой,  
д.ф.-м.н., профессор

Ишкин Х.К..

**Башкирский государственный университет**

Кафедра математического анализа

«Комплексный анализ»

20\_\_-20\_\_ учебный год

Экзаменационный билет № 14

1. Дробно - линейное отображение, переводящее три заданные точки в три заданные.
2. Теорема Коши (случай треугольного контура).

Заведующий кафедрой,  
д.ф.-м.н., профессор

Ишкин Х.К..

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

Зачеты:

- зачтено – от 60 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов),
- не зачтено – от 0 до 59 баллов.

**Примерные критерии оценивания ответа на экзамене (только для тех, кто учится с использованием модульно-рейтинговой системы обучения и оценки успеваемости студентов):**

Критерии оценки (в баллах):

- 25-30 баллов выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- 17-24 баллов выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;

- 10-16 баллов выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов.

Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;

· 1-10 баллов выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

Расчетно-графическая работа содержит 12 заданий, которые выбираются из приводимого ниже набора в соответствии с полученным номером варианта.

## Задания для РГР

### Задание №1

Найти модуль и главное значение аргумента комплексного числа, представить его в тригонометрической и показательной формах. Изобразить число на комплексной плоскости

- |  |  |  |
|--|--|--|
| 1. $2 + 5i$ ;  | 12. $\sqrt{2} + \sqrt{2}i$ ;   | 23. $1 - i$ ;                          |
| 2. $-2 + 5i$ ;   | 13. $-i\sqrt{3}$ ;   | 24. $-2 + 2i$                          |
| 3. $2 - 5i$ ;  | 14. $1 - i$ ;  | 25. $7 + 3i$ ;                         |
| 4. $-2 - 5i$ ;   | 15. $\sqrt{3} + i$ ;   | 26. $-1 + \sqrt{2}i$ ;                 |
| 5. $-\cos\left(\frac{\pi}{5}\right) + i\sin\left(\frac{\pi}{5}\right)$ ; | 16. $i\sqrt{3}$ ;  | 27. $-1 - 5i$ ;                        |
| 6. $-2 + 2\sqrt{3}i$ ;   | 17. $-\sqrt{3} - i$ ;  | 28. $-1 - 2i$ ;                        |
| 7. $-7 - i$ ;  | 18. $3\sqrt{2} + i2\sqrt{2}$ ;   | 29. $1/4 + 3i$ ;                       |
| 8. $4 - 3i$ ;  | 19. $-3 + 3i$ ;  | 30. $-\sqrt{3} + i$ ;                  |
| 9. $3 - 4i$ ;  | 20. $2 - 2i$ ;   | 31. $\frac{2 + 2i}{1 - i}$ ;           |
| 10. $3i$ ;   | 21. $\cos\left(\frac{\pi}{3}\right) + i\sin\left(\frac{\pi}{3}\right)$ ; | 32. $\frac{1 - 3 + i}{\sqrt{3} - 1}$ . |
| 11. $1 + i$ ;  | 22. $-\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}i$ ;                               |  |

### Задание №2

Вычислить и изобразить результат на комплексной плоскости

- |  |  |  |
|--|--|--|
| 1. $\left(\frac{1 - 2i}{2 + i}\right)^6$ ;                 | 12. $\left[(\sqrt{2} + i)\left(\frac{1}{\sqrt{2}} - i\right)\right]^4$ ; | 23. $\left(\frac{\sqrt{2}}{2} - i\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^{17}$ ; |
| 2. $\left(\frac{3i - 2}{2 + 3i}\right)^{10}$ ;             | 13. $\left(\frac{1 - i}{1 + i}\right)^{20}$ ;                            | 24. $(3 + i\sqrt{3})^{18}$ ;                                       |
| 3. $\left(\frac{\sqrt{2} - i}{\sqrt{3} + i}\right)^{15}$ ; | 14. $\left(-\frac{1}{2} - i\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^{10}$ ;             | 25. $\left(\frac{2\sqrt{3} + i}{\sqrt{3} + i}\right)^{12}$ ;       |

$$\begin{array}{lll}
4. \left[ (\sqrt{3} - i)(1 + i\sqrt{3}) \right]^8; & 15. \left( -\frac{\sqrt{2}}{2} + i\frac{\sqrt{2}}{2} \right)^6; & 26. \left( \frac{3-i}{2+i} \right)^9; \\
5. \left( \frac{-2}{1+i} \right)^{14}; & 16. \left( \frac{2+i}{2-i} \right)^4; & 27. \left( \frac{2-i}{1+2i} \right)^{40}; \\
6. \frac{1}{2}(7i-5)^{10}; & 17. \left( \frac{1-i}{1+i} \right)^6; & 28. \left( \cos \frac{\pi}{4} + i \sin \frac{\pi}{4} \right)^4; \\
7. \left( \frac{(3+4i)(1-2i)}{i} \right)^4; & 18. \left[ (1+i\sqrt{3})(1-i) \right]^{15}; & 29. \left( \frac{i + \operatorname{tg} \frac{\pi}{3}}{i - \operatorname{tg} \frac{\pi}{3}} \right)^4; \\
8. \left( \frac{1-i\sqrt{3}}{1+i\sqrt{3}} \right)^3; & 19. \left( \frac{-2-5i}{1+i} \right)^{20}; & 30. \left( \cos \frac{\pi}{12} + i \sin \frac{\pi}{12} \right)^{18}; \\
9. (\sin 30^\circ + i \sin 60^\circ)^3; & 20. (-1+i\sqrt{3})^{30}; & 31. \left( \frac{1+i}{1-i} \right)^5; \\
10. \left( \frac{-2-2i}{1+2i} \right)^{10}; & 21. (2+i\sqrt{5})^{15}; & 32. \left( \frac{2+i}{1-2i} \right)^4. \\
11. (1+i)^8; & 22. \left( \frac{\sqrt{3}-i}{\sqrt{3}+i} \right)^{15}; & 
\end{array}$$

### Задание №3

Найти все значения корня и изобразить их на комплексной плоскости

$$\begin{array}{lll}
1. \sqrt[3]{\frac{i}{1-2i}}; & 12. \sqrt[3]{2-2\sqrt{3}i}; & 23. \sqrt[5]{(1-i)2i}; \\
2. \sqrt[3]{(1-i)(2+3i)}; & 13. \sqrt[5]{\sqrt{2}\left(\cos \frac{\pi}{6} + i \sin \frac{\pi}{6}\right)}; & 24. \sqrt[3]{\frac{i}{1-2i}}; \\
3. \sqrt[4]{-1}; & 14. \sqrt[4]{3\sqrt{2} + i2\sqrt{2}}; & 25. \sqrt[3]{-\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}i}; \\
4. \sqrt[6]{-8-8i}; & 15. \sqrt[5]{1+i}; & 26. \sqrt[5]{\frac{2}{1-3i}};
\end{array}$$

5.  $\sqrt[8]{1}$ ;                      16.  $\sqrt[3]{\frac{3i}{2+2\sqrt{3}i}}$ ;                      27.  $\sqrt[3]{i(\sqrt{3}+i)}$ ;
6.  $\sqrt[4]{\frac{1-i}{1+i}}$ ;                      17.  $\sqrt{-\frac{5}{\sqrt{2}}+\frac{1}{\sqrt{2}}i}$ ;                      28.  $\sqrt[3]{1+\sqrt{3}i}$ ;
7.  $\sqrt{2+2i}$ ;                      18.  $\sqrt[4]{(1+i)(1-i)}$ ;                      29.  $\sqrt[4]{-2+2i}$ ;
8.  $\sqrt[3]{\cos\frac{\pi}{4}+i\sin\frac{\pi}{4}}$ ;                      19.  $\sqrt{\frac{i-3}{2+i}}$ ;                      30.  $\sqrt[4]{\sqrt{3}+i}$ ;
9.  $\sqrt{-8+8\sqrt{3}i}$ ;                      20.  $\sqrt{-\frac{5}{\sqrt{2}}+\frac{5}{\sqrt{2}}i}$ ;                      31.  $\sqrt[4]{i(3-i)}$ ;
10.  $\sqrt{1+(2-\sqrt{3})i}$ ;                      21.  $\sqrt{\sqrt{3}+\sqrt{3}i}$ ;                      32.  $\sqrt[3]{\frac{1+i}{1-i}}$ .
11.  $\sqrt{\frac{-4-3i}{1+i}}$ ;                      22.  $\sqrt[3]{(1-i)(1+2i)}$ ;

#### Задание №4

Выяснить геометрический смысл соотношений

1.  $|z - z_1| = |z - z_2|$ ;
2.  $|z - 2| - |z + 2| > 3$ ;
3.  $|z - 2| + |z + 2| = 5$ ;
4.  $\operatorname{Re} z + \operatorname{Im} z < 1$ ;
5.  $\operatorname{Re} z = \operatorname{Im} z$ ;
6.  $0 \leq \operatorname{Im} z \leq 1$ ;
7.  $\left| \frac{z-1}{z+1} \right| \leq 1$ ;
8.  $1 \leq |z + 2 + i| \leq 2$ ;
9.  $|z - 1| < |z - i|$ ;
10.  $|z| - \operatorname{Re} z \leq 0$ ;
17.  $\operatorname{Re}(1 + z) = |z|$ ;
18.  $z^2 + \bar{z}^2 = 1$ ;
19.  $\operatorname{Re}(z^2 + \bar{z}^2) = 0$ ;
20.  $|z - 2| = |1 - 2\bar{z}|$ ;
21.  $2z\bar{z} + (2+i)z + (2-i)\bar{z} = 2$ ;
22.  $0 < \operatorname{Re}(iz) < 1$ ;
23.  $\begin{cases} \alpha < \arg(z - z_0) < \beta, \\ -\pi < \alpha < \pi \end{cases}$
24.  $|z| = \operatorname{Re} z + 1$ ;
25.  $\operatorname{Re} z \geq C, C \in \mathbb{R}$ ;
26.  $0 < \operatorname{Re}(iz) < 1$ ;

11.  $\operatorname{Re}\left(\frac{1}{z}\right) = \frac{1}{9}$ ;
12.  $\operatorname{Im}\frac{1}{z} < -\frac{1}{2}$ ;
13.  $4 \leq |z-1| + |z+1| \leq 8$ ;
14.  $\operatorname{Im} z^2 < 1$ ;
15.  $|z| > 2 + \operatorname{Im} z$ ;
16.  $|z-a| < |1-a\bar{z}|$ ;  $a \neq 0$ ;  $a \in \mathbb{R}$ ;
27.  $\operatorname{Im}\left(\frac{1}{z}\right) = \frac{1}{2}$ ;
28.  $\begin{cases} |z| < \arg z, \\ 0 \leq \arg z < 2\pi \end{cases}$
29.  $\begin{cases} |z| < \arg z, \\ 0 < \arg z < 2\pi \end{cases}$
30.  $\begin{cases} \arg \frac{z-z_1}{z-z_2} = \alpha, \\ -\pi < \alpha < \pi \end{cases}$
31.  $0 < \operatorname{Re}[i(z+2)] < 1$ ;
32.  $0 < \operatorname{Im}[i(z+2)] < 1$ .

#### Задание №5

Проверить, являются ли аналитическими функции

1.  $w = e^z$ ;
2.  $w = \bar{z}$ ;
3.  $w = z \operatorname{Re} z$ ;
4.  $w = \sin z$ ;
5.  $w = \cos z$ ;
6.  $w = z^2$ ;
7.  $w = z$ ;
8.  $w = ze^z + (1+i)z$ ;
9.  $w = \frac{1}{z}$ ;
10.  $w = 2 \operatorname{sh} z - z^2$ ;
11.  $w = 2 \cos 2z + z$ ;
12.  $w = 2i(\cos z - 1) - iz^2 + 2$ ;
17.  $w = |z| \cdot \operatorname{Im} z$ ;
18.  $w = z^2 \bar{z}$ ;
19.  $w = ze^z$ ;
20.  $w = |z| \cdot \bar{z}$ ;
21.  $w = e^{z^2}$ ;
22.  $w = |z| \cdot \operatorname{Re} \bar{z}$ ;
23.  $w = \sin 3z - i$ ;
24.  $w = \bar{z} \operatorname{Re} z$ ;
25.  $w = z \bar{z}$ ;
26.  $w = z^2 + 3iz$ ;
27.  $w = 2 \sin z - z$ ;
28.  $w = 2i(\cos z - 1)$ ;



13.  $w = \frac{1}{z+1}$ ;

14.  $w = \ln z$ ;

15.  $w = \operatorname{ch} z$ ;

16.  $w = \bar{z} \operatorname{Im} z$ ;

29.  $w = (\bar{z} + 1)(\bar{z}^2 - 1)$ ;

30.  $w = z^2 + 2\bar{z} + i$ ;

31.  $\operatorname{sh} z$ ;

32.  $w = \operatorname{ch} z$ .

**Задание №6**

Найти аналитическую функцию  $w = u + i v$ , если известно, что

1.  $u = x^3 - 3x y^2$ ;

17.  $v = 2 \cos x \cdot \operatorname{ch} y - x^2 + y^2$   
 $w(0) = 2$ ,

2.  $u = \frac{x}{x^2 + y^2}$ ;

18.  $u = 2e^x \cos y$ ,  $w(0) = 2$ ;

3.  $u = x^2 - y^2 + 2x$ ;

19.  $v = 3x + 2xy$ ,  $w(-i) = 2$ ;

4.  $u = \frac{x}{x^2 + y^2} - 2y$ ;

20.  $u = e^x (x \cos y - y \sin y)$ ;

5.  $u = 2e^x \sin y$ ;

21.  $v = e^x (y \cos y + x \sin y)$ ;

6.  $v = -\frac{y}{(x+1)^2 + y^2}$ ;

22.  $u = x^2 - y^2 - x$ ;

7.  $v = 2xy + 3x$ ;

23.  $v = x + y$ ;

8.  $v = \operatorname{arctg} \frac{y}{x}$ ,  $x > 0$ ;

24.  $u = 2^x \cos(y \ln 2)$ ;

9.  $u = \frac{x}{x^2 + y^2}$ ,  $w(\pi) = \frac{1}{\pi}$ ;

25.  $v = \sin x \cdot \operatorname{sh} y$ ;

10.  $v = e^x (y \cos y + x \sin y) + x + y$ ;

26.  $u = e^x \cos y$ ;

11.  $v = \operatorname{arctg} \frac{y}{x}$ ,  $x > 0$ ,  $w(1) = 0$ ;

27.  $v = e^x \sin y$ ;

12.  $u = x^2 - y^2 + 2x$ ,  $w(i) = 2i - 1$ ;

28.  $u = x^2 - y^2 - x$ ,  $w(0) = 1$ ;

13.  $v = 2(\operatorname{ch} x \cdot \sin y - x y)$ ,  $w(0) = 0$ ;

29.  $v = e^y (y \cos x - x \sin x)$ ;

14.  $u = 2 \sin x \cdot \operatorname{ch} y - x$ ,  $w(0) = 0$ ;      30.  $v = -\frac{y}{x^2 + y^2}$ ,  $x \neq 0, y \neq 0$ ;  
 15.  $v = 2(2 \operatorname{sh} x \cdot \sin y + x y)$ ,  $w(0) = 3$ ;      31.  $u = x^2 - y^2 + 2x$ ;  
 16.  $v = -2 \sin 2x \cdot \operatorname{sh} 2y + y$ ,  $w(0) = 2$ ;      32.  $v = 3x + 2xy$ ,  $w(-1) = 2$ .

### Задание №7

Найти контурные интегралы

1.  $\int_{AB} f(z) dz$ , где  $f(z) = (y + 1) - x i$

$AB$  — отрезок прямой, соединяющий точки  $z_A = 1$ ;  $z_B = -i$ .

2.  $\int_{AB} f(z) dz$ , где  $f(z) = x^2 + i y^2$

$AB$  — отрезок, соединяющий точки  $A(1 + i)$ ,  $B(2 + 3i)$ .

3.  $\int_L (1 + i - 2\bar{z}) dz$ , по линиям, соединяющим точки  $z_1 = 0$ ;  $z_2 = 1 + i$ .

- а) по прямой; б) по параболе  $y = x^2$ ;  
 в) по ломаной;  $z_1, z_2, z_3$ , где  $z_3 = 1$ .

4.  $\int_L (z^2 + z\bar{z}) dz$ , где  $L$  — дуга окружности  $\begin{cases} |z| = 1 \\ 0 \leq \varphi \leq \pi. \end{cases}$

5.  $\int_L e^{\bar{z}} dz$ , где  $L$  — отрезок прямой  $y = -x$ , соединяющий точки

$$z_1 = 0, z_2 = \pi - i\pi.$$

6.  $\int_L z \operatorname{Im} z^2 dz$ , где  $L: |z| = 1$ ;  $-\pi \leq \arg z \leq 0$ .

7.  $\int_L e^{|z|^2} \operatorname{Re} z dz$ , где  $L$  — прямая, соединяющая точки

$$z_1 = 0, z_2 = 1 + i.$$

8.  $\int_L \ln z dz$  ( $\ln z$  — главное значение логарифма), где  $L: |z| = 1$

- а) начальная точка пути интегрирования  $z_0 = 1$ , б)  $z_0 = -1$ .

Обход против часовой стрелки.

9.  $\int_L z \operatorname{Re} z dz$ , где  $L: |z| = 1$ . Обход против часовой стрелки.

10.  $\int_L z \bar{z} dz$ , где  $L: |z| = 1$ . Обход против часовой стрелки.

11.  $\int_L z e^z dz$  по отрезку  $AB$ , соединяющему точки  $z_A = 1$ ,  $z_B = i$ .

12.  $\int_L \operatorname{Re} z dz$ , где  $L: a) z = (2+i)t, 0 \leq t \leq 1$ ;

б) ломаная, состоящая из отрезка  $[0;2]$  действительной оси и отрезка, соединяющего точки  $z_1 = 2$ ;  $z_2 = 2+i$ .

13.  $\int_L e^z dz$ , где  $L: a)$  дуга параболы  $y = x^2$ , соединяющая точки  $z_1 = 0$ ;  $z_2 = 1+i$ .

б) отрезок прямой, соединяющий те же точки.

14.  $\int_L \cos z dz$ , где  $L$  - отрезок прямой, соединяющий точки  $z_1 = \frac{\pi}{2}$ ;  $z_2 = \pi+i$ .

15.  $\int_L \frac{dz}{\sqrt{z}}$ , где  $L$  - верхняя половина окружности  $|z| = 1$ ; выбирается та ветвь  $\sqrt{z}$ , для которой  $\sqrt{1} = -1$ .

16.  $\int_L \frac{dz}{\sqrt{z}}$ , где  $L$  - верхняя половина окружности  $|z| = 1$  выбирается та ветвь функции  $\sqrt{z}$ , для которой  $\sqrt{1} = 1$ .

17.  $\int_L \frac{dz}{\sqrt{z}}$ , где  $L: |z| = 1, \operatorname{Re} z \geq 0$ ;  $\sqrt{-i} = \frac{\sqrt{2}}{2}(1-i)$ .

18.  $\int_L \frac{dz}{\sqrt[4]{z^3}}$ , где  $L$  - верхняя половина окружности  $|z| = 1$ ; берется та ветвь функции  $\sqrt[4]{z^3}$ , для которой  $\sqrt[4]{1} = 1$ .

19.  $\int_{1+i}^{2i} (z^3 - z) e^{\frac{z^2}{2}} dz$ ;

20.  $\int_0^i z \cos z dz$ ;

21.  $\int_1^{1+i} z \sin z dz$ ;

22.  $\int_0^i (z-i) e^{-z} dz$ ;

23.  $\int_1^i \frac{\ln(z+1)}{z+1} dz$  по дуге окружности  $|z| = 1, \operatorname{Im} z \geq 0, \operatorname{Re} z \geq 0$  с учетом условий

$\arg z = \arctg y/x = \varphi$ .

$$24. \int_1^i \frac{\ln z}{z} dz \text{ по отрезку прямой, соединяющей точки } z_1 = 1, z_2 = i.$$

$$25. \int_1^i \frac{1 + \operatorname{tg} z}{\cos^2 z} dz \text{ по прямой, соединяющей точки } z_1 = 1 \text{ и } z_2 = i.$$

$$26. \int_{-1}^i \frac{\cos z}{\sqrt{\sin z}} dz \text{ по прямой, соединяющей точки } z_1 = -1 \text{ и } z_2 = i.$$

Выбираем ту ветвь функции  $w = \sqrt{\sin z}$ , для которой

$$\sqrt{\sin(-1)} = i \sqrt{\sin 1}$$

$$27. \int_L \operatorname{Re}(\sin z) \cos z dz, \text{ где } L: |\operatorname{Im} z| \leq 1; \operatorname{Re} z = \frac{\pi}{4};$$

$$28. \int_L z \operatorname{Im}(z^2) dz \text{ где } L: |\operatorname{Im} z| \leq 1; \operatorname{Re} z = 1;$$

$$29. \int_{-1}^i z e^{z^2} dz;$$

$$30. \int_L \operatorname{tg} z dz, \text{ где } L \text{ — дуга параболы } y = x^2, \text{ соединяющей точки } z_1 = 0 \text{ и } z_2 = 1 + i.$$

$$31. \int_L \cos z dz, \text{ где } L \text{ — отрезок прямой, соединяющей точки } z_1 = \frac{\pi}{4}; z_2 = \pi + i.$$

$$32. \int_L e^z dz, \text{ где } L \text{ — дуга параболы } y = x^2, \text{ соединяющей точки } z_1 = 1 + i; z_2 = -1 + i.$$

### Задание №8

Используя основную теорему Коши и интегральную формулу Коши, вычислить интегралы

$$1. \oint_{\Gamma} \frac{z^3}{z-3} dz, \text{ где } \Gamma: \begin{array}{l} \text{а) } |z| = 2 \\ \text{б) } |z| = 4 \end{array};$$

$$2. \oint_{|z|=2} \frac{\cos z}{z^2 + 2z - 3} dz;$$

$$3. \oint_{\Gamma} \frac{\sin z}{z^2 + 4} dz, \text{ где } \Gamma: x^2 + y^2 + 6y = 0;$$

$$4. \oint_{|z-1|=2} \frac{z - 2 \sin z}{(z - \pi/2)^3} dz;$$

$$5. \oint_{\Gamma} \frac{e^z dz}{(z + 2)^4}, \text{ где } \Gamma - \text{ произвольный замкнутый контур, однократно обходящий точку}$$

$z = -2$  в положительном направлении;

$$6. \oint_{\Gamma} \frac{2z - 1 - i}{(z - 1)(z - i)} dz, \text{ где } \Gamma : |z| = 2;$$

$$7. \oint_{\Gamma} \frac{dz}{z^2 + 9}, \text{ если а) точка } 3i \text{ лежит внутри } \Gamma, (-3i) - \text{ вне его;}$$

б) точка  $(-3i)$  — внутри  $\Gamma$ ;  $3i$  — вне его;

в)  $\pm 3i$  внутри  $\Gamma$ ; г)  $\pm 3i$  — вне  $\Gamma$ .

$$8. \oint_{|z|=3} \frac{dz}{z^3 + 4z};$$

$$9. \oint_{|z|=2} \frac{(z + 1)dz}{z(z - 1)^2(z - 3)};$$

$$10. \oint_{|z|=2} \frac{e^z dz}{(z + i)^3};$$

$$11. \oint_{|z-1|=\frac{1}{2}} \frac{e^{\frac{1}{z}} dz}{z^2 + 2};$$

$$12. \oint_{|z|=1} \frac{e^z \cos \pi z}{z^2 + 2z} dz;$$

$$13. \oint_{|z-2|=2} \frac{\operatorname{ch} z}{z^4 - 1} dz;$$

$$14. \oint_{|z-1-i|=1} \frac{\sin \pi(z - 1)}{z^2 - 2z + 2} dz;$$

$$15. \oint_{|z|=1} \frac{\operatorname{tg} z}{z e^{1/z+2}} dz;$$

$$16. \oint_{|z|=3} \frac{\cos(z + \pi i)}{z(e^z + 2)} dz;$$

$$17. \oint_{|z|=5} \frac{dz}{z^2 + 16};$$

$$18. \oint_{|z|=4} \frac{dz}{(z^2 + 9)(z + 9)};$$

$$19. \oint_{\Gamma} \frac{\operatorname{sh}(z + 1)}{z^2 + 1} dz,$$

где  $\Gamma : x^{\frac{2}{3}} + y^{\frac{2}{3}} = 3^{\frac{2}{3}}$ ;

$$20. \oint_{|z|=2} \frac{\sin z \cdot \sin(z - 1)}{z^2 - z} dz;$$

$$21. \oint_{|z|=1} \frac{\cos z}{z^3} dz;$$

$$22. \oint_{|z|=1} \frac{\operatorname{sh}^2 z}{z^3} dz;$$

$$23. \oint_{|z-1|=1} \frac{\sin \frac{\pi}{4} z}{(z-1)^2 (z-3)} dz;$$

$$24. \oint_{|z|=2} \frac{z \operatorname{sh} z}{(z^2 - 1)^2} dz;$$

$$25. \oint_{|z-3|=6} \frac{z dz}{(z-2)^3 (z+4)};$$

$$26. \oint_{|z-2|=3} \frac{\operatorname{ch} e^{i\pi z}}{z^3 - 4z^2} dz;$$

$$27. \oint_{|z|=\frac{1}{2}} \frac{1}{z^3} \cos \frac{\pi}{z+1} dz;$$

$$28. \oint_{|z-2|=1} \frac{e^{\frac{1}{z}}}{(z^2 + 4)^2} dz;$$

$$29. \oint_{|z|=\frac{1}{2}} \frac{1 - \sin z}{z^2} dz;$$

$$30. \oint_{\Gamma} \frac{\cos z}{z(z-2)} dz; \text{ а) } |z|=1;$$

$$31. \oint_{|z|=2} \frac{(z+1) dz}{(z-1)^2 (z-3)};$$

$$\text{б) } |z-2|=1; \text{ б) } |z-2i|=1;$$

$$32. \oint_{|z|=1} \frac{e^z dz}{z^2 + 4}.$$

### Задание № 9

Выяснить характер особых точек функций

$$1. \frac{1}{z^3 (z^2 + 4)^2};$$

$$17. \frac{\operatorname{sh} z}{z};$$

$$2. \frac{\sin z}{z^2};$$

$$18. \cos \frac{1}{z + \pi};$$

$$3. \sin \frac{1}{z^2};$$

$$19. \frac{z^2 - 1}{z^6 + 2z^5 + z^4};$$

$$4. z^2 e^{\frac{1}{z}};$$

$$20. \frac{e^{z+e}}{z+e};$$

$$5. \frac{1}{z^2 + 5z + 4};$$

$$21. \cos \frac{1}{z} + \sin \frac{2 - \pi z}{2z};$$

$$6. \frac{\cos z}{\left(z + \frac{\pi}{2}\right) (z^2 + 1)^2};$$

$$22. z \operatorname{sh} \frac{1}{z};$$

7.  $\operatorname{tg}^2 2z$ ;

8.  $\frac{1}{\cos z - \frac{1}{2}}$ ;

9.  $z^2 \sin \frac{1}{z}$ ;

10.  $(z-1) \cos \frac{1}{(z-1)^2}$ ;

11.  $\frac{1}{1 - \cos z}$ ;

12.  $\frac{1 + \cos z}{z^2}$ ;

13.  $\frac{e^z - 1}{z}$ ;

14.  $\frac{\cos 2z}{(z-\pi) \left( z - \frac{\pi}{6} \right)^2}$ ;

15.  $\frac{1 + \cos z}{z - \pi}$ ;

16.  $\frac{z^2 - 3z + 2}{z^2 - 2z + 1}$ ;

23.  $\frac{e^z}{(z+1)^3(z-2)}$ ;

24.  $\frac{\sin z^2}{z^3 - \frac{\pi}{4} z^2}$ ;

25.  $\frac{1 - \cos z}{z^2(z-3)}$ ;

26.  $\frac{\cos z}{z^3 - \frac{\pi}{2} z^2}$ ;

27.  $e^{z + \frac{1}{z^2}}$ ;

28.  $\frac{z - \sin z}{z^6}$ ;

29.  $\frac{\operatorname{sh} z}{z - \operatorname{sh} z}$ ;

30.  $\frac{z \cdot e^{\frac{1}{z}}}{\sin \frac{z}{2}}$ ;

31.  $\frac{e^z - 1}{z^2}$ ;

32.  $z e^{\frac{1}{z}}$ .

**Задание № 10**

Вычислить вычеты функции относительно ее особых точек

1.  $\frac{1}{z^3(z^2 + 4)^2}$ ;

2.  $\frac{z}{\sin z}$ ;

17.  $\frac{e^z}{z^3(z-1)}$ ;

18.  $\frac{z}{(z+1)^3(z-2)^2}$ ;

3.  $z^2 e^{\frac{1}{z}}$ ;

4.  $\frac{1}{\sin z + \frac{1}{z}}$ ;

5.  $\frac{2z-5}{z^2-2z+1}$ ;

6.  $\frac{\cos 2z}{(z-\pi)\left(z-\frac{\pi}{6}\right)^2}$ ;

7.  $z e^{\frac{1}{z-1}}$ ;

8.  $\sin \frac{1}{z^2}$ ;

9.  $\frac{\sin z^2}{z^3 - \frac{\pi}{4}z^2}$ ;

10.  $\frac{e^z}{(z+1)^3(z-2)}$ ;

11.  $\frac{1}{z^4+1}$ ;

12.  $z^3 e^{\frac{1}{z}}$ ;

13.  $\frac{\operatorname{tg} z}{z^2 - \frac{\pi}{4}z}$ ;

14.  $z^5 \sin \frac{1}{z^2}$ ;

15.  $\frac{\operatorname{ch} z}{(z^2+1)(z-3)}$ ;

19.  $z^2 \sin \frac{1}{z^2}$ ;

20.  $\cos \frac{1}{z} + z^3$ ;

21.  $\frac{\sin 2z}{(z+i)\left(z-\frac{i}{2}\right)^2}$ ;

22.  $\frac{1-\cos z}{z^3(z-3)}$ ;

23.  $e^{z^2+\frac{1}{z^2}}$ ;

24.  $\frac{e^{iz}}{(z^2-1)(z+3)}$ ;

25.  $\frac{\cos z}{z^3 - \frac{\pi}{2}z^2}$ ;

26.  $\frac{e^{\pi z}}{z-i}$ ;

27.  $\frac{z^{2n}}{(z-1)^n}$ ;

28.  $\operatorname{ctg}^2 z$ ;

29.  $\frac{e^z-1}{z}$ ;

30.  $\frac{1-e^{-z}}{z}$ ;

31.  $\frac{e^z}{z(z-1)}$ ;



$$16. \frac{e^{-\frac{1}{z^2}}}{1+z^4};$$

$$32. \frac{e^z}{1+z^2}.$$

### Задание № 11

Вычислить с помощью вычетов следующие интегралы

$$1. \int_{|z+2i|=3} \frac{dz}{z^3(z^2+4)^2};$$

$$17. \int_{|z-i|=3} \frac{e^{z^2}-1}{z^3-iz^2} dz;$$

$$2. \int_{|z|=4} \frac{z}{\sin z} dz;$$

$$18. \int_{|z|=\frac{1}{2}} z^2 \sin \frac{1}{z} dz;$$

$$3. \int_{|z+2|=1} \frac{\operatorname{tg} z}{z+2} dz;$$

$$19. \int_{|z-2|=1} (z-2)^2 \sin \frac{1}{z-2} dz;$$

$$4. \int_{|z|=1} z^2 e^{\frac{1}{z}} dz;$$

$$20. \int_{|z|=\sqrt{3}} \frac{\sin \pi z}{z^2-z} dz;$$

$$5. \int_{|z|=\frac{1}{2}} \frac{e^z}{(z+1)^2 z} dz;$$

$$21. \int_{|z+1|=4} \frac{z dz}{e^z+3};$$

$$6. \int_{\alpha} \frac{z}{z^4+1} dz;$$

$$22. \int_{|z|=1} \frac{z^2}{\sin^2 z \cdot \cos z} dz;$$

$$\alpha: \frac{(x-1)^2}{4} + \frac{y^2}{9} = 1;$$

$$7. \int_{\alpha} \frac{dz}{\operatorname{sh} 2z}; \alpha: \left| z - \frac{\pi i}{2} \right| = 1;$$

$$23. \int_{|z-i|=1} \frac{e^z}{z^4+2z^2+1} dz;$$

$$8. \int_{|z+1|=\frac{3}{2}} \frac{\operatorname{ch} 2z}{z^2(z+2)(z-1)} dz;$$

$$24. \int_{|z|=4} \frac{e^{iz}}{(z-\pi)^3} dz;$$

$$9. \int_{|z|=2} e^{\frac{1}{z+1}} dz;$$

$$25. \int_{\Gamma} \frac{\cos z}{z^2-4} dz, \text{ где } \Gamma: \frac{x^2}{9} + \frac{y^2}{4} = 1;$$

$$10. \int_{|z-1|=1} (z-1)^2 \sin \frac{1}{z-1} dz;$$

$$26. \int_{\Gamma} \frac{e^{2z}}{z^3-1} dz, \text{ где } \Gamma: x^2 + y^2 - 2x = 0;$$

$$11. \int_{|z|=4} \frac{e^z - 1}{z^2 + z} dz;$$

$$12. \int_{|z|=2} \operatorname{tg} z dz;$$

$$13. \int_{|z-i|=\frac{3}{2}} \frac{e^z}{z^2 + 1} dz;$$

$$14. \int_{|z|=1} z \operatorname{tg} \pi z dz;$$

$$15. \int_{\alpha} \frac{z dz}{(z-1)^2 (z+2)};$$

$$\alpha : x^{\frac{2}{3}} + y^{\frac{2}{3}} = 3^{\frac{2}{3}};$$

$$16. \int_{|z|=2} \frac{e^z dz}{z^3 (z+1)};$$

27.

$$\int_{\Gamma} \frac{\sin \pi z}{(z-1)^3 (z+1)^3} dz, \text{ где } \Gamma : \frac{x^2}{4} + \frac{y^2}{1} = 1;$$

28.

$$\int_{\Gamma} \frac{z+1}{z^2 + 2z - 3} dz, \text{ где } \Gamma : x^2 + y^2 = 16;$$

$$29. \int_{\Gamma} \frac{z \sin z}{(z-1)^5} dz, \text{ где } \Gamma : \frac{x^2}{3} + \frac{y^2}{9} = 1;$$

$$30. \int_{\Gamma} \frac{dz}{z^4 + 1}, \text{ где } \Gamma : x^2 + y^2 = 2x;$$

$$31. \int_{|z-1|=1} (z-1)^2 \sin \frac{1}{z-1} dz;$$

$$32. \int_{|z|=1} \operatorname{tg} z dz.$$

### Задание № 12

Вычислить несобственные интегралы

$$1. \int_{-\infty}^{\infty} \frac{dx}{(x^2 + 1)^2};$$

$$2. \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x^2 + 1}{x^4 + 1} dx;$$

$$3. \int_{-\infty}^{\infty} \frac{dx}{(x^2 + 1)^3};$$

$$4. \int_{-\infty}^{\infty} \frac{dx}{x^6 + 1};$$

$$5. \int_0^{\infty} \frac{x^2}{(x^2 + a^2)^2} dx; a > 0;$$

$$17. \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x^4}{1 + x^6} dx;$$

$$18. \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x^2}{1 + x^4} dx;$$

$$19. \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x^4 dx}{(a + bx^2)^4}; a, b > 0;$$

$$20. \int_0^{\infty} \frac{(x^4 + 1) dx}{x^6 + 1};$$

$$21. \int_{-\infty}^{\infty} \frac{dx}{(x^2 + 2x + 2)^2};$$

6.  $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{dx}{(x^2 + 4)^2};$
7.  $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x^4 + 1}{x^6 + 1} dx;$
8.  $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{dx}{(x^2 + 4x + 13)^2};$
9.  $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{dx}{(x^2 + a^2)(x^2 + b^2)}; a, b > 0;$
10.  $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x \cos x}{x^2 - 2x + 10} dx;$
11.  $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x \sin x}{x^2 - 2x + 10} dx;$
12.  $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x \sin x}{x^2 - 2x + 10} dx;$
13.  $\int_0^{\infty} \frac{\cos ax}{x^2 + b^2} dx; a, b > 0;$
14.  $\int_0^{\infty} \frac{x \sin ax}{x^2 + b^2} dx; a, b > 0;$
15.  $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{dx}{(1 + x^2)^n}; n \in \mathbb{N};$
16.  $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{dx}{(x^2 + 1)(x^2 + 4)};$
22.  $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{dx}{(x^2 + 4x + 20)^2};$
23.  $\int_0^{\infty} \frac{\cos x dx}{(x^2 + 1)(x^2 + 4)};$
24.  $\int_0^{\infty} \frac{\cos 2x}{1 + x^4} dx;$
25.  $\int_0^{\infty} \frac{\cos 4x}{4 + x^2} dx;$
26.  $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\cos 2x}{(x^2 + 1)(x^2 + 9)} dx;$
27.  $\int_0^{\infty} \frac{x^2 \cos x}{(x^2 + 1)^2} dx;$
28.  $\int_0^{\infty} \frac{\cos x}{x^2 + 9} dx;$
29.  $\int_0^{\infty} \frac{\cos 4x}{x^2 + 4} dx;$
30.  $\int_0^{\infty} \frac{\cos x}{x^2 + 1} dx;$
31.  $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x \cos x}{x^2 + x + 1} dx;$
32.  $\int_0^{\infty} \frac{x \sin x}{x^2 + 1} dx.$

### 4.3 Рейтинг-план дисциплины

Рейтинг-план дисциплины представлен в приложении 2.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

### Основная литература:

1. Привалов И.И., «Введение в теорию функций комплексного переменного», СПб.: Лань, 2009. <https://e.lanbook.com/book/322>
2. Евграфов М.А. Аналитические функции. Издательство "Лань" 2008. 448 С. <https://e.lanbook.com/book/134?category=910>

### Дополнительная литература:

3. Шабат Б.В. *Введение в комплексный анализ*. М. : Государственное издательство физико-математической литературы, 1961. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=464254&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=464254&sr=1)
4. . Гайсин А.М. Целые функции: основы классической теории с приложениями к исследованиям по комплексному анализу, 2-е изд. Уфа, РИЦ БашГУ. 2017. 160 с. (учебные пособия имеются в достаточном количестве в библиотеке БашГУ).
5. Башмаков Р.А., Махота А.А. «Введение в ТФКП». Уфа, РИЦ БашГУ, 2012.
6. Башмаков Р.А, Махота А.А. «Введение в комплексный анализ». Электронный учебник 2012 (свидетельство о регистрации электронного ресурса №18361 ИНИПИ РАО ОФЭРНиО).
7. Л.И.Волковыский, Г.Л.Лунц, И.Г.Арамонович «Сборник задач по теории функций комплексного переменного», М.: Физматлит, 2002.
8. Маркушевич А.И. Очерки по истории теории аналитических функций. М.: Гос. изд-во техн.-теорет. лит-ры, 1951. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=255676&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=255676&sr=1)
9. Евграфов М.А. Аналитические функции. М., Наука, 1991.

### 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

#### А. Ресурсы интернет

1. «Электронная библиотека БашГУ» <http://www.elib.bashedu.ru>
  2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>
  3. ЭБС «ЛАНЬ» <http://e.lanbook.com>
- в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы: Maple (компьютерный класс)..

#### Б. Программное обеспечение, необходимое для освоения дисциплины

1. Windows 8 Russian/. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.
2. Microsoft Office Standart 2013 Russian. Договор № 114 от 12ю11ю2014. Лицензии бессрочные.

**6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

<p><b>1. учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:</b> аудитория № 501 (физико-математический корпус - учебное), аудитория № 517 (физико-математический корпус - учебное), аудитория № 528 (физико-математический корпус - учебное)</p> <p><b>2. учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа:</b> аудитория № 517 (физико-математический корпус - учебное), аудитория № 522 (физико-математический корпус - учебное), аудитория № 526 (физико-математический корпус - учебное), аудитория № 528 (физико-математический корпус - учебное)</p> <p><b>3. учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций:</b> аудитория № 501 (физико-математический корпус - учебное), № 517 (физико-математический корпус - учебное), аудитория № 522 (физико-математический корпус - учебное), аудитория № 526 (физико-математический корпус - учебное), аудитория № 528 (физико-математический корпус - учебное)</p> <p><b>4. учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации:</b> аудитория № 501 (физико-математический корпус - учебное), № 517 (физико-математический корпус - учебное), аудитория № 522 (физико-математический корпус - учебное), аудитория № 524 (физико-математический корпус - учебное), аудитория № 526 (физико-математический корпус - учебное), аудитория № 528 (физико-математический корпус - учебное)</p> <p><b>5. помещения для самостоятельной работы:</b> читальный зал №2 (физико-математический корпус - учебное)</p>	<p align="center"><b>Аудитория № 501</b></p> <p>Учебная мебель, доска настенная меловая, персональный комп. и системный блок /Corei5-4460(3.2)/CIGABAYTEGV-N710D3-1GL/4Gb, Презентер LogitechWirelessPresenterR400 (21013400003592), проектор SonyVPL-DX270, экран ручной ViewScreenLotus 244x183 WLO-4304</p> <p align="center"><b>Аудитория №517</b></p> <p>Учебная мебель, доска настенная меловая, мультимедиа-проектор Sony VPL-EX120, XGA, 2600 ANSI, 3,2 кг, экран настенный ProjectaSlimScreen 200*200 cm MatteWhite, потолочное крепление для проектора, доска аудитор. ДА32.</p> <p align="center"><b>Аудитория №522</b></p> <p>Учебная мебель, доска, персональный компьютер LenovoThinkCentre A70z IntelPentium E 5800, 320 Gb, 19" – 13 шт., кондиционер LessarLS/LU-H24KB2.</p> <p align="center"><b>Аудитория № 524</b></p> <p>Учебная мебель, доска настенная меловая, коммутатор HP V1905-24 Switch 24*10/100+2*10/100/1000, персональный компьютер в комплекте HP AiO 20"CQ 100 eu – 27 шт., экран ScreeMediaGolgview 274*206 NW 4:3, универсальное потолочное крепление ScreeMedia для проектора, регулировка высоты , шкаф TLKTWP-065442-G-GY, патч-корд (1296), доска аудитор. ДА32</p> <p align="center"><b>Аудитория №526</b></p> <p>Учебная мебель, доска настенная меловая</p> <p align="center"><b>Аудитория №528</b></p> <p>Учебная мебель, доска настенная меловая</p> <p align="center"><b>Читальный зал №2</b></p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, стенд по пожарной безопасности, моноблоки стационарные – 8 шт, принтер – 1 шт., сканер – 1 шт.</p>	<p>1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>3. Maple 16: Universities or Equivalent Degree Granting Institutions New License; договор №1311 от 13.12.2018 г. (до 13.12.2021 г.)</p> <p>4. WebWorK (лицензия GNU GPL, свободное программное обеспечение).</p>
---	--	--

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины *Комплексный анализ* на 4 семестр  
(наименование дисциплины)

очная

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	5/180
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	
лекций	32
практических/ семинарских	32
лабораторных	32
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем), ФКР	1,7
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	29,5
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	52,8

Форма(ы) контроля:  
экзамен\_4 семестр

В том числе:  
РГР 4 семестр, контактных часов – 4, часов на самостоятельную работу – 10

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Комплексные числа, комплексная плоскость; модули и аргумент комплексного числа, их свойства.	1	1	1	1	1-8		Экзамен РГР Контрольная работа
2.	Числовые последовательности и их пределы, ряды; стереографическая проекция, ее свойства; предел последовательности комплексных чисел. Критерий Коши. Бесконечно удаленная точка. сфера Римана, расширенная комплексная плоскость; множества на плоскости, области и кривые	2	1	1	1	1-8	7. 1.105	Экзамен
3.	Функции комплексного переменного; предел функции; непрерывность, дифференцируемость по комплексному переменному	1	1	1	1	1-8	7. 1.120 7. 1.126	Экзамен
4.	условие Коши – Римана; аналитическая функция; геометрический смысл аргумента и модуля производной; понятие о	2	1	1	1	1-8	7. 135 7. 1.167 7. 1.167 7.1.188 5)6	Экзамен РГР Контрольная работа

	конформном отображении.							
5.	Аналитические функции и их свойства. Конформные отображения. критерий локальности однолиственности и критерий конформности в точке, достаточное условие однолиственности ;	2	2	1	1	1-8		Экзамен
6.	Конформные отображения дробно-линейными функциями. Общий вид дробно-линейного отображения круга на себя и верхней полуплоскости на круг	1	1	1	1	1-8	7. 2.17 7. 2.9	Экзамен РГР Контрольная работа
7.	Конформные отображения с помощью функции Жуковского.	1	1	1	1	1-7	7. 2.108 7. 2.117	Экзамен
8.	Конформные отображения с помощью степенной, показательной, логарифмической функций. Конформные отображения с помощью тригонометрических функций и их обратных..	1	1	1	1	1-8	7. 2.154 7. 2.181	Экзамен
9.	Теорема о локальном обращении; однолистные функции, теорема Римана (без доказательства) и понятие о соответствии границ при конформном отображении.	1	1	2	1	1-8	Самостоятельное изучение (9) гл./ V, § 5 (10) § 36-37	Экзамен
10.	Интеграл по комплексному переменному, его простейшие свойства, связь с криволинейными интегралами 1-	2	1	1	1	1-8	7. 3.9	Экзамен



	го и 2-го рода; сведение к интегралу по действительному переменному;							
11.	Теорема Коши для односвязных и неодносвязных областей.	1	1	1	1	1-8	7. 3.20	Экзамен
12.	Интеграл Коши, интегральная формула Коши; Следствия из формулы Коши.	1	1	2	1	1-8		Экзамен
13.	Бесконечная дифференцируемость аналитических функций, формулы Коши для производных; теорема Морера. Теорема Лиувилля	1	1	1	1	1-8		Экзамен
14.	Теорема единственности и принцип максимума модуля: нули аналитической функции, порядок нуля; теорема единственности для аналитических функций; принцип максимума модуля и лемма Шварца.	1	1	1	1	1-8		Экзамен
15.	Комплексные числовые ряды. Сходимость. Последовательности и ряды аналитических функций в области.	1	1	1	1	1-7	7. 1.96 7. 1.99 7. 5.9	Экзамен
16.	Равномерная сходимость. Критерий Коши; Теоремы Вейерштрасса о рядах аналитических функций.	1	1	2	1	1,2,8		Экзамен
17.	Комплексные степенные ряды; Теорема Абеля и	1	1	1	1	1,2,8	7. 3.46 7. 3.54 3)	Экзамен

	следствия из нее., формула Коши – Адамара;							
18.	Разложение аналитической функции в степенной ряд (ряд Тейлора аналитической функции). Единственность разложения; неравенства Коши для коэффициентов степенного ряда; действия со степенными рядами.	2	2	2	1	1-7	7. 3.74 7. 3.83	Экзамен
19.	Нули аналитической функции. Бесконечные произведения функций. Теоремы единственности аналитической функции.	1	1	1	1	1,2,8	7. 3.127 7. 3.140 7. 6.20	Экзамен
20.	Правильные и особые точки аналитической функции.	1	1	1	1			Экзамен
21.	Ряд Лорана, область его сходимости; разложение аналитической функции в ряд Лорана, единственность разложения, формулы и неравенства Коши для коэффициентов; теорема Лиувилля и теорема об устранимой особой точке.	1	2	1	1	1-8	Самостоятельное изучение (10) § 8-10	Экзамен РГР Контрольная работа
22.	Классификация изолированных особых точек однозначной аналитической функции. полюс, порядок полюса;	1	1	1	1,5	1-8	7. 4.71 7. 4.77	Экзамен РГР Контрольная работа
23.	Вычет аналитической функции в изолированной особой точке. Основная теорема теории	1	2	2	2	1-8	7. 4.113 7. 4.89 7. 4. 94 7. 4.102	Экзамен РГР Контрольная работа

	вычетов.							
24.	Вычисление определенных действительных интегралов с помощью вычетов.	2	4	2	2	1-8	7. 4.121 7. 4.124	Экзамен РГР Контрольная работа
25.	Преобразование Лапласа	2	1	2	3			Экзамен
	Всего часов	32	32	32	29,5			

## Рейтинг – план дисциплины

## Комплексный анализ

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика  
курс 2, семестр 4

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1 Комплексные числа. Функции комплексного переменного и отображения множеств. Элементарные функции: целая линейная и дробно-линейная функция. Последовательности и ряды аналитических функций.</b>				
<b>Текущий контроль</b>			<b>0</b>	<b>11</b>
1. Аудиторная работа			0	3
2. Тестовый контроль			0	3
3. Выполнение домашней работы			0	5
<b>Рубежный контроль</b>				<b>12</b>
1. Письменная контрольная работа				6
2. Работа в системе WebWork				6
<b>Модуль 2 Интеграл по функции комплексного переменного. Интеграл Коши: интегральная формула Коши</b>				
<b>Текущий контроль</b>				<b>14</b>
1. Аудиторная работа			0	9
2. Выполнение домашней работы			0	5
<b>Рубежный контроль</b>			<b>0</b>	<b>10</b>
1. Письменная контрольная работа			0	10
<b>Модуль 3 Теорема единственности и принцип максимума модуля. Ряд Лорана. Вычеты, принцип аргумента. Отображения посредством аналитических функций. Аналитическое продолжение</b>				
<b>Текущий контроль</b>			<b>0</b>	<b>10</b>
1. Аудиторная работа			0	5
3. Выполнение домашней работы			0	5
<b>Рубежный контроль</b>			<b>0</b>	<b>13</b>
1. Письменная контрольная работа			0	5
2. РГР				8
<b>Поощрительные баллы</b>				
1. Студенческая олимпиада				<b>5</b>
2. Работа со школьниками (кружок, конкурсы, олимпиады)				<b>5</b>
4 ...				
<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				
1. Посещение лекционных занятий			<b>0</b>	<b>-6</b>
2. Посещение практических (семинарских, лабораторных занятий)			<b>0</b>	<b>-10</b>
<b>Итоговый контроль</b>				
1. Экзамен				30
<b>ИТОГО</b>			<b>45</b>	<b>100</b>

Устанавливается следующая градация перевода оценки из многобалльной в четырехбалльную:

Экзамены:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов),

- хорошо – от 60 до 79 баллов,
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов,
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

Зачеты:

- зачтено – от 60 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов),
- не зачтено – от 0 до 59 баллов.

В случае, если формой итогового контроля по одной дисциплине в одном семестре являются одновременно зачет (по практической части курса) и экзамен (по теоретической части курса), то основной формой отчетности с максимальной суммой 30 баллов является экзамен, а зачет является только условием допуска к экзамену. При этом для получения зачета студент может набрать 100 баллов (поощрительные 10 баллов не предусматриваются), а зачет автоматически проставляется при условии получения им не менее 60 баллов по формам рубежного контроля (текущий и итоговый контроль, а также учет посещаемости не предусматривается).

В случае, если студент сдает какое-либо из контрольных мероприятий позже установленного срока, преподаватель может снизить максимально возможное количество баллов за данный вид контроля на 5% за каждую неделю просрочки.

Посещение лекционных и практических (семинарских, лабораторных) занятий оценивается в суммах до 6 и 10 баллов соответственно, однако эти баллы являются штрафными и вычитаются преподавателем из набранных студентами баллов в ходе текущего и рубежного контроля по следующей схеме:

- за пропуски лекционных занятий
  - за 25 % пропусков вычитается 1 балл
  - за 50 % пропусков вычитается 4 балла
  - за 75 % пропусков вычитается 6 баллов
  - за 100 % пропусков – студент не допускается до итоговых испытаний
- за пропуски практических (семинарских, лабораторных) занятий
  - за 20 % пропусков вычитается 2 балла
  - за 40 % пропусков вычитается 5 баллов
  - за 50 % пропусков вычитается 7 баллов
  - за 75 % пропусков вычитается 10 баллов
  - более 75 % пропусков – студент не допускается до итоговых испытаний.

Студент, набравший по итогам текущего и рубежного контроля менее 35 возможных баллов или пропустивший более 75 % практических (семинарских, лабораторных) занятий, до экзамена по данной дисциплине не допускается. В этом случае он изучает не освоенные им темы, выполняет соответствующие задания на платной основе в сроки, установленные деканатом для ликвидации задолженностей. Баллы, полученные таким образом, прибавляются к количеству баллов, набранных студентом в семестре.