

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
(РОСАВИАЦИЯ)  
ФГБОУ ВО «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»  
(ФГБОУ ВО СПбГУ ГА)



УТВЕРЖДАЮ

И.о. ректора

Н.Н. Сухих

2021 года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ЗАДАЧИ СО СВОБОДНЫМИ ГРАНИЦАМИ**

Направление подготовки  
**01.06.01 Математика и механика**

Направленность программы  
**Механика жидкости, газа и плазмы**

Квалификация выпускника  
**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения  
**очная**

Санкт-Петербург  
2021

## 1 Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Задачи со свободными границами» является формирование у обучающихся профессиональных компетенций, обеспечивающих способность и готовность аспирантов к выполнению научно-исследовательской деятельности в области механики жидкости, газа и плазмы на примере решения задач со свободными границами.

Задачами освоения дисциплины являются получение знаний о способах постановки, методах решения задач со свободными границами и для проведения научно-исследовательской деятельности в профессиональной области.

Дисциплина обеспечивает подготовку выпускника к научно-исследовательскому виду профессиональной деятельности.

## 2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Задачи со свободными границами» представляет собой дисциплину, относящуюся к вариативной части Блока 1, дисциплина по выбору.

Дисциплина «Задачи со свободными границами» базируется на результатах обучения, полученных при изучении дисциплины «Методы математического моделирования».

Дисциплина «Задачи со свободными границами» является обеспечивающей для дисциплины «Механика жидкости, газа и плазмы».

Дисциплина изучается в 4 семестре.

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Перечень и код Компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по научной специальности «Механика жидкости, газа и плазмы» (ПК-1)	Знать: - способы моделирования задач со свободными границами. Уметь: - прогнозировать результаты математического моделирования задач со свободными границами. Владеть: - навыками анализа полученных результатов с применением численных методов.
способность к построению и исследованию математических моделей, проведению экспериментальных исследований и интерпретации эксперимен-	Знать: - способы постановки задачи со свободной границей. Уметь: - описывать и исследовать модели стационар-

Перечень и код Компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
тальных данных в области механики жидкости, газа и плазмы (ПК-2)	ных и нестационарных процессов. Владеть: - навыками интерпретации экспериментальных данных в задачах со свободными границами.

#### 4 Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часа.

Наименование	Всего часов	Семестр
		4
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Контактная работа:	48	48
лекции	24	24
практические занятия	24	24
Самостоятельная работа обучающегося	87	87
Промежуточная аттестация	9	9
	зачет с оценкой	зачет с оценкой

#### 5 Содержание дисциплины

##### 5.1 Соотнесения тем дисциплины и формируемых компетенций

Темы дисциплины	Количество часов	Компетенции		Образовательные технологии	Оценочные средства
		ПК-1	ПК-2		
Тема 1. Дополнительные главы теории функций комплексного переменного	32	+	+	Л, ПЗ, СР	УО, К
Тема 2. Векторное поле и комплексный потенциал в задачах механики жидкости и газа	32	+	+	Л, ПЗ, СР	УО, Д
Тема 3. Стационарные задачи Хеле-Шоу	35	+	+	Л, ПЗ, СР	УО, К
Тема 4. Нестационарные задачи Хеле-Шоу	36	+	+	Л, ПЗ, СР	УО, Д
Промежуточная аттестация	9				Зачет с оценкой
Итого по дисциплине	144				

Сокращения: Л – лекция, ПЗ – практическое занятие, СР – самостоятельная работа обучающегося, УО – устный опрос, К- коллоквиум, Д – доклад

## 5.2 Темы дисциплины и виды занятий

Наименование темы (раздела) дисциплины	Л	ПЗ	СРС	Зачет с оценкой	Всего часов
Тема 1. Дополнительные главы теории функций комплексного переменного	4	4	20		28
Тема 2. Векторное поле и комплексный потенциал в задачах механики жидкости и газа	4	4	20		28
Тема 3. Стационарные задачи Хеле-Шоу	8	8	23		39
Тема 4. Нестационарные задачи Хеле-Шоу	8	8	24		40
Промежуточная аттестация				9	9
Итого по дисциплине	24	24	87	9	108

## 5.3 Содержание дисциплины

### Тема 1. Дополнительные главы теории функций комплексного переменного

Функции комплексного переменного. Предел, дифференцируемость и аналитичность функции комплексного переменного. Интегрирование функций комплексного переменного. Формулы Коши, Шварца и Келдыша-Седова. Представление функций комплексного переменного рядами. Ряды Тейлора и ряды Лорана. Принцип симметрии. Конформные отображения с применением элементарных функций. Функция Жуковского. Дробно-линейное преобразование. Интеграл Шварца-Кристоффеля.

### Тема 2. Векторное поле и комплексный потенциал в задачах механики жидкости и газа

Векторное поле. Дивергенция и ротор вектор-функции. Условия соленоидальности и потенциальности. Условия Коши-Римана аналитичности функции. Функция тока, потенциал и комплексный потенциал. Комплексный потенциал и векторное поле простейших течений. Задача безотрывного обтекания профиля потоком идеальной жидкости. Задача о электрическом поле в зазоре между стержневым и плоским электродами. Задача о течении струи вдоль стенки с изломом.

### Тема 3. Стационарные задачи Хеле-Шоу

Стационарные процессы формообразования как предельный случай нестационарности. Постановка стационарной и предельно-стационарной задач. Условие стационарности. Стационарная обработка криволинейным электрод-инструментом. Метод годографа. Стационарная электрохимическая обработка плоским ЭИ с прямолинейным выступом. Предельная ЭХО плоским ЭИ с прямолинейным выступом. Моделирование процесса стационарной электрохимической обработки плоским ЭИ с полукруглым выступом. Численные методы построения приближенных моделей формообразования с заданным радиусом кривизны.

#### Тема 4. Нестационарные задачи Хеле-Шоу

Физическая постановка задачи моделирования нестационарных процессов. Математическая модель нестационарного процесса. Постановка плоской нестационарной задачи. Разработка численно-аналитического метода решения нестационарной задачи. Интеграл Шварца. Краевые условия. Численные методы расчета границ области для нестационарного процесса. Численные методы расчета сдвига граничных точек области для шага по времени. Применение метода предиктор-корректор.

#### 5.4 Практические занятия

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудо-емкость (часы)
1	Практическое занятие 1. Конформные отображения с применением элементарных функций	2
1	Практическое занятие 2. Дробно-линейное преобразование. Интеграл Шварца-Кристоффеля	2
2	Практическое занятие 3. Задача безотрывного обтекания профиля потоком идеальной жидкости	2
2	Практическое занятие 4. Задача о электрическом поле в зазоре между стержневым и плоским электродами	2
3	Практическое занятие 5. Стационарная обработка криволинейным электрод-инструментом	2
3	Практическое занятие 6. Стационарная электрохимическая обработка плоским ЭИ с прямолинейным выступом	2
3	Практическое занятие 7. Предельная ЭХО плоским ЭИ с прямолинейным выступом.	2
3	Практическое занятие 8. Численные методы построения приближенных моделей формообразования	2
4	Практическое занятие 9. Математическая модель нестационарного процесса	2
4	Практическое занятие 10. Численно-аналитические методы решения нестационарной задачи. Интеграл Шварца.	2
4	Практическое занятие 11. Численные методы расчета границ области для нестационарного процесса	2
4	Практическое занятие 12. Применение метода предиктор-корректор	2
Итого по дисциплине		24

## 5.6 Самостоятельная работа

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудо-емкость (часы)
1	Изучение, повторение учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе, подготовка к коллоквиуму [1, 2, 5,6]	28
2	Изучение, повторение учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе, подготовка эссе (доклада) [2, 5, 6, 8]	28
3	Изучение, повторение учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе, подготовка к коллоквиуму [1, 2, 5, 8]	39
4	Изучение, повторение учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе, подготовка эссе (доклада) [1, 3-5, 7, 8]	40
Итого по дисциплине		87

## 6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Лаврентьев, М.А. **Методы теории функций комплексного переменного**: Учеб.пособ. / М. А. Лаврентьев, Б. В. Шабат. - Изд.4-е,испр. - М. : Наука, 1973. - 736с. – 16 экз.

2. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В., **Проблемы гидродинамики и их математические модели** [Текст] / М. А. Лаврентьев, Б. В. Шабат. - М. : Наука, 1973. - 416с. – 1 экз.

3. Бахвалов, Н.С. **Численные методы** [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. — М.: Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 639 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70767> (дата обращения: 15.01.2021).

4. Бордовский, Г. А. **Физические основы математического моделирования** [Электронный ресурс] : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Г. А. Бордовский, А. С. Кондратьев, А. Чоудери. —М. : Издательство Юрайт, 2021. — 319 с. —Режим доступа : URL: <https://urait.ru/bcode/452264> (дата обращения: 15.01.2021).

5. Муксимова Р.Р. **Моделирование нестационарных процессов(на примере решения задач Хеле-шоу)**:Учеб.пособ. для студентов вузов. Реком.УМО [электронный ресурс, текст] / Р. Р. Муксимова, В. П. Житников. - СПб. : ГУГА, 2015. - 75с. – 54 экз.

6. Житников, В.П. **Дополнительные главы теории функций комплексного переменного** [Электронный ресурс] : учебное электронное издание / В. П. Житников, Н.М. Шерыхалина, Р. Р. Муксимова. - Уфа: УГАТУ, 2014. – 85 с. № гос.регистрации 0321402284.

б) дополнительная литература:

7. Волков, Е.А. **Численные методы** [Электронный ресурс] : учебник / Е.А. Волков. — Санкт-Петербург : Лань, 2008. — 256 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/54> (дата обращения: 15.01.2021).

8. Высоцкий, Л.И. **Математическое и физическое моделирование потенциальных течений жидкости** [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.И. Высоцкий, Г.Р. Коперник, И.С. Высоцкий. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 64 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/44842> (дата обращения: 15.01.2021).

в) перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

9. **Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ»** [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.intuit.ru/> свободный (дата обращения: 15.01.2021).

10. **Единое окно доступа к образовательным ресурсам** [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://window.edu.ru>, свободный (дата обращения: 15.01.2021).

г) программное обеспечение (лицензионное), базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

11. **Официальный сервис публикации научных статей в базе данных Scopus** [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL: <http://www.scopus.su/?yclid=3951429372313358209> свободный (дата обращения: 15.01.2021).

12. **Официальный сервис публикации научных статей в базе данных WoS(ESCI)** [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL: <https://apps.webofknowledge.com/> свободный (дата обращения: 15.01.2021).

13. **Учебно-образовательная физико-математическая библиотека** [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library.htm>, свободный (дата обращения: 15.01.2021).

14. **Электронная библиотека РФФИ** [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL: <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> (дата обращения 15.01.2019)

15. **Российская национальная библиотека** [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.nlr.ru/> свободный (дата обращения: 15.01.2021).

16. **Библиотека учебной и научной литературы** [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.sbiblio.com> свободный (дата обращения: 15.01.2021).

17. **Электронная библиотека научных публикаций «eLIBRARY.RU»** [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://elibrary.ru/> свободный (дата обращения: 15.01.2021).

18. **Электронно-библиотечная система издательства «Лань»** [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://e.lanbook.com> свободный (дата обращения: 15.01.2021).

19. **Электронная библиотека «ЮРАЙТ»** [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL: <https://biblio-online.ru> свободный (дата обращения: 15.01.2021).

## 7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Ауд. 800 «Компьютерный класс № 1»	Компьютерные столы - 12 шт., стулья - 12 шт., 12 персональных компьютеров, с доступом в сеть Интернет, учебная доска, экран для проектора.	Kaspersky Anti-Virus Suite (лицензия № 1D0A170720092603110550) Microsoft Windows Office Professional Plus 2007 (лицензия № 43471843) VisualStudioCommunity (Бесплатное лицензионное соглашение)
---	---	---

Информационно-справочные и материальные ресурсы библиотеки СПбГУ ГА.

## 8 Образовательные и информационные технологии

В структуре дисциплины в рамках реализации компетентностного подхода в учебном процессе используются следующие образовательные технологии: лекции (Л), практические занятия (ПЗ), самостоятельная работа обучающегося (СРС).

*Лекция:* предназначена для предоставления информации обучающимся по теоретическим вопросам, является главным звеном дидактического цикла обучения. Её цель – формирование ориентировочной основы для последующего усвоения материала методом самостоятельной работы.

*Практические занятия:* проводятся в целях: выработки практических умений и приобретения навыков обучающегося, в рамках дисциплины. Цель практических занятий – закрепить отдельные аспекты проблемы в дополнение к лекционному материалу, обучить грамотно и аргументировано излагать свои мысли. На практических занятиях проводятся опросы, коллоквиумы. На практических занятиях заслушиваются доклады обучающихся по выбранным ранее темам. Коллоквиум, позволяет вовлечь обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса (проблемы). Формируется умение аргументировать собственную точку зрения. Также является средством контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.

*Самостоятельная работа:* имеет целью закрепление и углубление полученных знаний, поиск и приобретение новых знаний, а также выполнение заданий, подготовку к предстоящему зачету с оценкой. Она предусматривает, как правило, самостоятельное изучение отдельных тем, выполнение заданий в соответствии с учебной программой изучения дисциплины. Основной целью самостоятельной работы является обучение навыкам работы с научно-теоретической литературой и практическими материалами, которые необходимы для углубленного изучения дисциплины. Самостоятельная работа проводится для того, чтобы обучающийся умел самостоятельно изучать, анализировать, перерабатывать и излагать изученный материал.

В процессе реализации образовательной программы при осуществлении образовательного процесса по дисциплине применяются следующие информационные технологии:



1. презентационные материалы (слайды по отдельным темам лекционных и практических занятий);
2. доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
3. доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Успешное освоение материала курса предполагает большую самостоятельную работу и систематический контроль хода этой работой.

### **9 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Уровень и качество знаний обучающихся оцениваются по результатам текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в виде зачета с оценкой. На первом занятии преподаватель доводит до сведения обучающихся график текущего контроля освоения дисциплины и критерии оценки знаний при текущем контроле успеваемости, а также сроки и условия промежуточной и итоговой аттестации.

Текущий контроль успеваемости по дисциплине обеспечивает оценивание хода ее освоения в целях установления соответствия достижений обучающихся поэтапным требованиям образовательной программы. Основными задачами текущего контроля успеваемости обучающихся по дисциплине являются:

- проверка хода и качества усвоения обучающимися учебного материала;
- определение уровня текущей успеваемости обучающихся, выявление причин неуспеваемости, выработка и принятие оперативных мер по устранению недостатков;
- поддержание ритмической (постоянной и равномерной) работы обучающихся в течение семестра;
- стимулирование учебной работы обучающихся и совершенствование методики организации, обеспечения и проведения занятий.

Результаты текущего контроля по дисциплине используются преподавателем в целях:

- оценки степени готовности обучающихся к изучению учебной дисциплины (назначение внутреннего контроля), а в случае необходимости, проведения дополнительной работы для повышения уровня требуемых знаний;
- доведения до обучающихся и иных заинтересованных лиц (законных представителей) информации о степени освоения обучающимися программы учебной дисциплины;
- своевременного выявления отстающих обучающихся и оказания им содействия в изучении учебного материала;
- анализа качества используемой рабочей программы учебной дисциплины и совершенствование методики ее изучения и преподавания;
- разработки предложений по корректировке или модификации рабочей программы учебной дисциплины и учебного плана.

Текущий контроль успеваемости обучающихся включает устный опрос, коллоквиум и контроль выполнения задания (доклад). Текущий контроль успеваемости по дисциплине обеспечивает оценивание хода ее освоения в целях

установления соответствия достижений обучающихся поэтапным требованиям основной профессиональной образовательной программы.

Промежуточная аттестация является формой оценки качества освоения обучающимися учебного материала по дисциплине, полноты приобретённых ими компетенций. Промежуточная аттестация обучающихся проводится с использованием оценочных средств, которые представляются в виде фонда оценочных средств. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине – комплект методических и контрольных измерительных материалов, предназначенных для оценивания компетенций на разных этапах обучения.

Оценочные средства включают: вопросы для устного опроса, примерный перечень тем для коллоквиумов, примерный перечень тем для докладов в рамках текущего контроля успеваемости, примерные вопросы к зачёту с оценкой.

*Устный опрос* предназначен для выявления уровня текущего усвоения компетенций обучающимся по мере изучения дисциплины. Проводится на практических занятиях в течение 15 минут с целью контроля усвоения теоретического материала, излагаемого на лекции. Перечень вопросов определяется уровнем подготовки учебной группы, а также индивидуальными особенностями обучающихся.

*Коллоквиум* является средством контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.

*Контроль выполнения задания (доклад)* предназначен для оценки уровня сформированности навыков и умений, коррекции действий обучающегося при выполнении задания.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в виде зачета с оценкой в 4 семестре. Зачет с оценкой позволяет оценить уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины. Зачет с оценкой предполагает устный ответ на 2 теоретических вопроса из перечня вопросов, вынесенных на зачет с оценкой. К моменту сдачи зачета с оценкой должны быть благополучно пройдены предыдущие формы контроля (положительно оценены ответы на вопросы устного опроса, 100% выполнение заданий (доклад)).

### **9.1 Методические рекомендации по проведению процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине проводится в форме контрольных мероприятий: доклада, коллоквиума, устного опроса. На первом занятии преподаватель доводит до сведения обучающихся график текущего контроля освоения дисциплины и критерии оценки знаний при текущем контроле успеваемости, а также сроки и условия промежуточной и итоговой аттестации.

*Устный опрос* позволяет оценить знания и кругозор обучающегося, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные ком-

муникативные навыки. Опрос - важнейшее средство развития мышления и речи. Он обладает большими возможностями воспитательного воздействия преподавателя. Обучающая функция состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий.

Устный опрос проводится, как правило, в течение 15 минут. Перечень вопросов определяется уровнем подготовки учебной группы, а также индивидуальными особенностями обучающихся.

Ответы обучающихся при устном опросе оцениваются преподавателем с записью в журнале учета успеваемости. При оценке опросов анализу подлежит точность формулировок, связность изложения материала, обоснованность суждений, опора на учебную литературу. Также анализируется понимание обучающимся конкретной ситуации, правильность применения практических методов и приемов, способность обоснования выбранной точки зрения, глубина проработки практического материала

*Доклад* – продукт самостоятельной работы обучающегося, являющийся собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы. Доклад должен быть выполнен в машинописном варианте в соответствии с требованиями: рекомендуемый объем работы – 5-8 печатных листов. Способ оформления: 12 кегль, *Times New Roman*, интервал одинарный.

В течение семестра обучающимся выполняется один, два доклада по выбранной в начале семестра теме (в зависимости от численности группы). Выступление осуществляется на практическом занятии в соответствии с графиком, который определен преподавателем и соответствует тематике занятия. На выступление отводится не более 10 минут, 10 минут на вопросы и обсуждения. Предварительно выполненная обучающимся работа сдается на проверку преподавателю, который, в случае необходимости, делает замечания, подлежащие к исправлению. Обучающийся должен внести исправления в соответствии с замечаниями преподавателя и передать работу на повторную проверку. При отправке работы на повторную проверку обязательно представлять работу с указанными в первый раз замечаниями. Доклады, представленные без соблюдения указанных правил, на проверку не принимаются.

*Коллоквиум* позволяет вовлечь обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса (проблемы). Формируется умение аргументировать собственную точку зрения. Также является средством контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися. Вопросы к коллоквиуму выдаются на лекционном занятии соответствующей темы, либо на последнем практическом занятии. Ответы обучающихся при проведении коллоквиума оцениваются преподавателем с записью в журнале учета успеваемости. При оценке участия анализу связность изложения материала, обоснованность суждений, опора на учебную литературу. Также анализируется понимание обуча-

ющимся конкретной ситуации, правильность применения практических методов и приемов, способность обоснования выбранной точки зрения, глубина проработки практического материала.

Сроки промежуточной аттестации определяются графиком учебного процесса.

## **9.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### **9.2.1. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания для текущего контроля**

Образовательные технологии и оценочные средства текущего контроля: доклад, устный опрос. Для оценки этих видов работ используется 5-бальная система

*Доклад.* Оценка при выполнении данного вида работы:

«отлично» – содержание доклада соответствует заявленной в названии тематике; оформлен в соответствии с общими требованиями написания и техническими требованиями оформления доклада; текст структурно выдержан, написан самостоятельно и понятно, материал изложен логично и аргументировано, присутствуют выводы, выступление не является «читкой с листа», обозначены дискуссионные вопросы, в ходе беседы отвечает на вопросы; корректно оформлены и в полном объёме представлены список использованной литературы и ссылки на использованную литературу в тексте доклада; отсутствуют орфографические, пунктуационные, грамматические, лексические, стилистические и иные ошибки в авторском тексте; доклад представляет собой самостоятельное исследование, представлен качественный анализ найденного материала, отсутствуют факты плагиата;

«хорошо» – содержание доклада соответствует заявленной в названии тематике; доклад оформлен в соответствии с общими требованиями написания доклада, но есть погрешности в техническом оформлении; имеет чёткую композицию и структуру; в тексте доклада отсутствуют логические нарушения в представлении материала; в полном объёме представлены список использованной литературы, но есть ошибки в оформлении; корректно оформлены и в полном объёме представлены ссылки на использованную литературу в тексте доклада; отсутствуют орфографические, пунктуационные, грамматические, лексические, стилистические и иные ошибки в авторском тексте; доклад представляет собой самостоятельное исследование, представлен качественный анализ найденного материала, отсутствуют факты плагиата;

«удовлетворительно» – содержание доклада соответствует заявленной в названии тематике; в целом доклад оформлен в соответствии с общими требованиями написания доклада, но есть погрешности в техническом оформлении; в целом доклад имеет чёткую композицию и структуру, но в тексте доклада есть логические нарушения в представлении материала; в полном объёме представлен список использованной литературы, но есть ошибки в оформлении; некорректно оформлены или не в полном объёме представлены ссылки на использо-

ванную литературу в тексте доклада; есть единичные орфографические, пунктуационные, грамматические, лексические, стилистические и иные ошибки в авторском тексте; в целом доклад представляет собой самостоятельное исследование, представлен анализ найденного материала, отсутствуют факты плагиата;

«неудовлетворительно» – содержание доклада соответствует заявленной в названии тематике; в докладе отмечены нарушения общих требований написания; есть погрешности в техническом оформлении; в целом доклад имеет чёткую композицию и структуру, но в тексте доклада есть логические нарушения в представлении материала; в полном объёме представлен список использованной литературы, но есть ошибки в оформлении; некорректно оформлены или не в полном объёме представлены ссылки на использованную литературу в тексте доклада; есть частые орфографические, пунктуационные, грамматические, лексические, стилистические и иные ошибки в авторском тексте; доклад не представляет собой самостоятельного исследования, отсутствует анализ найденного материала, текст доклада представляет собой непереработанный текст другого автора (других авторов).

При оценивании доклада на неудовлетворительно он должен быть переделан в соответствии с полученными замечаниями и сдан на проверку заново не позднее срока окончания приёма докладов. Обучающийся имеет право с разрешения преподавателя доработать доклад, исправить замечания и вновь сдать доклад на проверку.

*Устный опрос:*

- «зачтено» в том случае, если обучающийся четко и ясно, по существу даёт ответ на поставленный вопрос, или же не сразу дал верный ответ, но смог дать его правильно при помощи ответов на наводящие вопросы.

- «не зачтено» в том случае, если обучающийся затрудняется отвечать на поставленные вопросы, даёт не полный ответ при наводящих вопросах, отказывается отвечать на поставленный вопрос, либо отвечает на него неверно и при формулировании дополнительных (вспомогательных) вопросов.

*Коллоквиум.*

«зачтено», если обучающийся участвует в обсуждении теоретических вопросов, требуемые для занятий материалы (учебная литература, конспекты и проч.) в наличии.

«не зачтено», если обучающийся отказывается от участия в обсуждении теоретических вопросов, требуемые для занятий материалы (учебная литература, конспекты и проч.) отсутствуют.

### **9.2.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания (промежуточная аттестация)**

По промежуточной аттестации по дисциплине «Задачи со свободными границами» предусмотрен зачет с оценкой, который позволяет оценить степень сформированности компетенций на этапе текущего семестра. Зачет с оценкой проводится в форме устного ответа на два вопроса.

Критерии оценивания компетенций	Показатели оценивания компетенций
способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по научной специальности «Механика жидкости, газа и плазмы» (ПК-1)	
Знать: - способы моделирования задач со свободными границами.	Называет и описывает способы моделирования задач со свободными границами.
Уметь: - прогнозировать результаты математического моделирования задач со свободными границами.	Демонстрирует умение прогнозировать результаты математического моделирования задач со свободными границами.
Владеть: - навыками анализа полученных результатов с применением численных методов.	Владеет навыками анализа полученных результатов с применением численных методов.
способность к построению и исследованию математических моделей, проведению экспериментальных исследований и интерпретации экспериментальных данных в области механики жидкости, газа и плазмы (ПК-2)	
Знать: - способы постановки задачи со свободной границей.	Называет и раскрывает содержание способов постановки задачи со свободной границей.
Уметь: - описывать и исследовать модели стационарных и нестационарных процессов.	Демонстрирует умение описывать и исследовать модели стационарных и нестационарных процессов.
Владеть: - навыками интерпретации экспериментальных данных в задачах со свободными границами.	Владеет навыками интерпретации экспериментальных данных в задачах со свободными границами.

### Шкала оценивания компетенции

*Отлично.* выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания по рассматриваемой компетенции и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений. Отвечая на вопрос, может быстро и безошибочно проиллюстрировать ответ собственными примерами

*Хорошо:* выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности; Хорошо владеет всем содержанием, видит взаимосвязи, но не всегда делает это самостоятельно без помощи преподавателя

*Удовлетворительно:* выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы в рамках заданной компетенции, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации. Отвечает только на конкретный вопрос, соединяет знания из разных разделов курса только при наводящих вопросах преподавателя

*Неудовлетворительно:* выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины в рамках компетенции, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач. Не владеет знаниями по рассматриваемой компетенции.

### **Шкала оценивания промежуточной аттестации**

Зачет с оценкой «отлично» - в случае получения отлично по всем сдаваемым компетенциям или по каждому вопросу/заданию в билете.

Зачет с оценкой «хорошо» - в случае получения отлично по всем сдаваемым компетенциям по каждому вопросу/заданию в билете, но одна из компетенций или один из вопросов могут быть оценены на «хорошо»; в случае получения «хорошо» по всем сдаваемым компетенциям или по каждому вопросу/заданию в билете.

Зачет с оценкой «удовлетворительно» - в случае получения «удовлетворительно» по одной из компетенций или одному из вопросов в билете; в случае получения «удовлетворительно» по всем сдаваемым компетенциям или по всем сдаваемым вопросам/заданию в билете.

Зачет с оценкой «неудовлетворительно» - в случае получения «неудовлетворительно» по одной из компетенций или одному из вопросов в билете.

## **9.3 Типовые контрольные задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам обучения по дисциплине**

### **9.3.1 Контрольные вопросы для проведения входного контроля остаточных знаний по обеспечивающим дисциплинам**

1. Классификация математических моделей.
2. Свойства математических моделей.
3. Этапы моделирования.
4. Методы исследования математических моделей.
5. Проверка адекватности моделей.
6. Применение дифференциального и интегрального исчисления в моделировании.
7. Применение теории вероятностей и математической статистики в моделировании.
8. Область, условия применения и этапы построения имитационной модели.
9. Критерии оценки адекватности модели.

10. Примеры имитационных моделей. Проблемы, связанные с практическим использованием имитационных моделей.

11. Численные методы поиска экстремума.

12. Численные методы вейвлет-анализа.

13. Методы решения систем алгебраических уравнений.

14. Интерполяция.

15. Метод конечных элементов.

### 9.3.2 Примерный перечень контрольных вопросов для проведения устного опроса

Тема 1. Дополнительные главы теории функций комплексного переменного

1. Представление функций комплексного переменного рядами Лорана.

2. Конформные отображения с применением элементарных функций  $x^n$ ,  $\exp(x)$ ,  $\ln x$ .

3. Конформные отображения с применением функции Жуковского.

4. Дробно-линейное преобразование.

5. Интеграл Шварца-Кристоффеля.

Тема 2. Векторное поле и комплексный потенциал в задачах механики жидкости и газа

1. Дивергенция и ротор вектор-функции.

2. Условие соленоидальности.

3. Условие потенциальности.

4. Условия Коши-Римана аналитичности функции.

5. Функция тока, линии тока.

6. Потенциал и комплексный потенциал.

Тема 3. Стационарные задачи Хеле-Шоу

1. Условие стационарности.

2. Условие предельного формообразования.

3. Метод годографа.

4. Параметрическая плоскость и ее применение.

Тема 4. Нестационарные задачи Хеле-Шоу

1. Интеграл Шварца.

2. Функция  $z_a$ .

3. Функция  $z_c$ .

4. Сдвиг граничных точек области в процессе шага по времени.

5. Метод предиктор-корректор.

### 9.3.3 Примерный перечень контрольных вопросов для проведения коллоквиума

Тема 1. Дополнительные главы теории функций комплексного переменного.

1. Предел, дифференцируемость и аналитичность функции комплексного переменного.

2. Интегрирование функций комплексного переменного.



3. Формула Коши.
4. Формула Шварца.
5. Формула Келдыша-Седова.

Тема 3. Стационарные задачи Хеле-Шоу.

1. Постановка стационарной задачи
2. Постановка предельно-стационарной задачи.
3. Построение приближенных моделей формообразования. Интерполяция.
4. Построение приближенных моделей формообразования. Экстраполяция.

#### **9.3.4 Примерный перечень тем для эссе (докладов)**

1. Задача безотрывного обтекания профиля потоком идеальной жидкости.
2. Задача о течении струи вдоль стенки с изломом..
3. Задача о электрическом поле в зазоре между стержневым и плоским электродами.
4. Задачи нестационарного и квазистационарного формообразования.
5. Способы обхода особых точек в нестационарных задачах со свободной границей.
6. Интеграл Шварца для полосы.

#### **9.3.5 Контрольные вопросы промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

##### **Примерный перечень вопросов к зачету с оценкой по дисциплине**

1. Аналитические и численные методы решения нестационарных задач, примеры.
2. Квазистационарное приближение. В чем заключается сложность описания нестационарных процессов?
3. Начальные условия нестационарной задачи в плоскопараллельном МЭП.
4. Постановка задачи при помощи закона Фарадея.
5. Вывод краевого условия для стационарного процесса (условие стационарности). Краевое условие для предельного режима
6. Постановка задачи стационарной обработки криволинейным ЭИ. Применение метод годографа при решении задачи.
7. Способы и цель отображения с одной параметрической плоскости на другую. Приведите примеры.
8. Особенности применения рядов Лорана при конформных отображениях.
9. Методы разработки приближенных моделей формообразования. Приведите примеры.
10. Интерполяционный многочлен Лагранжа, применение, способы оценки погрешности.
11. Оценка погрешности интерполяции многочленом большей степени.
12. Метод экстраполяции с помощью правила Ричардсона.
13. Методы оценки погрешности интерполяционной модели.
14. Приведите закон Фарадея, описывающий процесс электрохимического растворения в дифференциальной форме.

15. Виды функций моделирования зависимость выхода по току от плотности тока.
16. Различные формы области на плоскости комплексного потенциала: в виде вертикальной полосы, полуполосы, прямоугольника. Описать и объяснить.
17. Виды граничных условий для задачи Хеле-Шоу.
18. Функция анодной поверхности  $z_a(\chi, \tau)$ . Ее свойства. Приведите примеры использования формулы Шварца
19. Функция поверхности катода  $z_c(\xi, \tau)$ . Ее свойства. Приведите примеры использования формулы Шварца
20. Восстановление функций  $z_a(\chi, \tau)$  и  $z_c(\xi, \tau)$  с помощью кубического сплайна.
21. Шаг по времени методом предиктор-корректор.
22. Математическая модель погрешности при численной фильтрации результатов.

## **10 Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины**

Изучение дисциплины «Задачи со свободными границами» обучающимися организуется в виде лекций, практических занятий и самостоятельной работы. Продолжительность изучения дисциплины – один семестр. Уровень и качество знаний обучающихся оцениваются по результатам текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в виде зачета с оценкой.

Лекция – основная форма систематического, последовательного устного изложения учебного материала. Чтение лекций, как правило, осуществляется наиболее профессионально подготовленными преподавателями университета. Основными задачами лекций являются: ознакомление обучающихся с целями, задачами и структурой изучаемой дисциплины, ее местом в системе наук и связями с другими дисциплинами; краткое, но по существу, изложение комплекса основных научных понятий, подходов, методов, принципов данной дисциплины; краткое изложение наиболее существенных положений, раскрытие особенно сложных, актуальных вопросов, освещение дискуссионных проблем; определение перспективных направлений дальнейшего развития научного знания в данной области профессиональной деятельности.

Значимым фактором полноценной и плодотворной работы обучающегося на лекции является культура ведения конспекта. Слушая лекцию, необходимо научиться выделять и фиксировать ее ключевые моменты, записывая их более четко и выделяя каким-либо способом из общего текста. Кроме того, необходимо научиться делать понятные для обучающегося сокращения при записи текста лекции и, в целом, стремиться освоить быструю манеру письма. Кон-

спект лекции предпочтительно писать в одной тетради, а не на отдельных листках, которые потом могут затеряться. Также для записи текста лекции можно воспользоваться ноутбуком, или планшетом. При ведении конспекта лекции необходимо четко фиксировать рубрикацию материала – разграничение разделов, тем, вопросов, параграфов и т. п. Обязательно следует делать специальные пометки, например, в случаях, когда какое-либо определение, положение, вывод остались неясными, сомнительными. Бывает, что материал не успели записать. Тогда также необходимо сделать соответствующие пометки в тексте, чтобы не забыть, в дальнейшем, восполнить эту информацию.

Практические занятия по дисциплине проводятся в соответствии с учебно-тематическим планом. Цель практических занятий – закрепить теоретические знания, полученные обучающимися на лекциях и в результате самостоятельного изучения соответствующих разделов рекомендуемой литературы.

В рамках практического занятия обучающиеся отвечают на вопросы устного опроса, заслушивают доклады, используя технику активного слушания, обсуждают вопросы, выносимые преподавателем на занятия. Преподаватель, как правило, выступает в роли консультанта при разборе конкретных ситуаций, осуществляет контроль полученных обучающимися результатов.

На усмотрение преподавателя к доске во время занятия может быть приглашен обучающийся для объяснения, анализа и оценки ситуации. Процесс решения наиболее сложных ситуаций, анализа проблемных вопросов может быть объяснен преподавателем.

Отсутствие обучающихся на занятиях или их неактивное участие на них может быть компенсировано самостоятельным выполнением дополнительных заданий и представлением их на проверку преподавателю.

Целью самостоятельной (внеаудиторной) работы обучающихся при изучении настоящей учебной дисциплины является выработка ими навыков работы с научной и учебной литературой, другими источниками, а также развитие у обучающихся устойчивых способностей к самостоятельному (без помощи преподавателя) изучению и обработке полученной информации.

В процессе самостоятельной работы обучающийся должен воспринимать, осмысливать и углублять получаемую информацию, подготавливать доклады, выполнять домашние задания, овладевать профессионально необходимыми навыками. Самостоятельная работа включает следующие виды занятий:

- самостоятельный подбор, изучение, конспектирование, анализ учебно-методической и научной литературы, периодических научных изданий, нормативно-правовых документов, статистической информации, учетно-отчетной информации, содержащейся в документах организаций;

- индивидуальная творческая работа по осмыслению собранной информации, проведению сравнительного анализа и синтеза материалов, полученных из разных источников, интерпретации информации, выполнение домашних заданий;

– завершающий этап самостоятельной работы – подготовка к сдаче зачета с оценкой по дисциплине, предполагающая интеграцию и систематизацию всех полученных при изучении учебной дисциплины знаний.

Следование принципам систематичности и последовательности в самостоятельной работе составляет необходимое условие ее успешного выполнения. Систематичность занятий предполагает равномерное распределение объема работы в течение всего предусмотренного учебным планом срока овладения данной дисциплиной. Такой подход позволяет избежать дефицита времени, перегрузок, спешки и т.п. в завершающий период изучения дисциплины. Последовательность работы означает преемственность и логику в овладении знаниями по дисциплине. Данный принцип изначально заложен в учебном плане при определении очередности изучения дисциплин. Аналогичный подход применяется при определении последовательности в изучении тем дисциплины.

Для повышения эффективности обучения на лекциях и практических занятиях желательно использовать мультимедийные проекторы. В целях экономии учебного времени целесообразно предоставлять обучающимся раздаточные материалы с наиболее сложными графическими материалами.

IT-методы используются при проведении всех видов занятий. Это позволяет сформировать у аспирантов систему знаний, умений и навыков по методике и технологии использования Интернет-ресурсов в процессе обучения, обеспечить продуктивный и творческий уровень деятельности при выполнении заданий.

*Методические рекомендации по представлению доклада.*

Доклад – публичное сообщение, представляющее собой развернутое изложение на определенную тему, вид самостоятельной работы, который используется в учебных и внеаудиторных занятиях и способствует формированию навыков исследовательской работы, расширяет познавательные интересы, приучает критически мыслить. Чтобы выступление было удачным, оно должно хорошо восприниматься на слух, быть интересным для слушателей. При выступлении приветствуется активное использование мультимедийного сопровождения доклада (презентация, видеоролики, аудиозаписи).

Доклад подготавливается в письменной форме, в конце даётся список использованной литературы. Все приводимые в тексте цитаты, примеры, статистические данные приводятся со ссылками на их источники. Ссылки на источники, также как и список использованной литературы, оформляются в строгом соответствии с требованиями библиографического стандарта.

При использовании цитат нужно иметь в виду, что цитирование должно быть точным (дословным). Возможно сокращение цитируемого текста с использованием знака для замены изъятого фрагмента.

*Пример ссылки на цитату из учебника (монографии, статьи)*

А.И.Травников, характеризуя правовую природу Стандартов и рекомендуемой практики ИКАО, пишет, что « .....приводится текст.....» [2, с 23-24 ], где 12 – номер учебника в списке использованной литературы, с.23-24, номер цитируемой страницы

В самом списке оформление литературы следующее:

1. Стрельникова, А.Г. Правила построения моделей [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Г. Стрельникова. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург: СпецЛит, 2016. - 92 с. - Режим доступа: URL: <https://e.lanbook.com/book/103983>

Если цитата приводится не дословно, а передается общее содержание написанного, то ссылка все равно необходима. В этом случае после ее порядкового обозначения ставится [См.:2, гл.4] При таком свободном изложении используемого текстового фрагмента важно, чтобы точно, без искажений передавалась мысль автора.

В тех случаях, когда в одном литературном источнике содержится цитата из другого произведения, но её не представляется возможным проверить по первоисточнику в силу объективных причин, то подобная цитата оформляется так: [Цит. по 2, с. 18]. Когда в докладе приводится позиция учёного (или ряда ученых), то в тексте пишутся сначала инициалы автора, затем его фамилия. Например: «При рассмотрении этого вопроса мы не согласны с мнением Е.В. Ивановой и Л. Ю. Чернышевым о .....[2, с15-16, 18,с.234-236 ], далее обосновывается собственная позиция.....» либо «В данном случае мы присоединяемся к точке зрения Л. Ю. Чернышева[18, с.98], действительно.....».

Подготовка выступления. Этапы подготовки доклада: 1. Определение цели доклада (информировать, объяснить, обсудить что-то (проблему, решение, ситуацию и т.п.), спросить совета и т.п.). 2. Подбор для доклада необходимого материала из литературных источников. 3. Составление плана доклада, распределение собранного материала в необходимой логической последовательности. 4. Композиционное оформление доклада в виде текста и презентации. 5. Заучивание, запоминание текста доклада. 6. Репетиция, т.е. произнесение доклада с одновременной демонстрацией презентации.

Общая структура доклада Построение доклада включает три части: вступление, основную часть и заключение. Вступление. Формулировка темы доклада (она должна быть не только актуальной, но и оригинальной, интересной по содержанию). Актуальность выбранной темы (чем она интересна, в чем заключается ее важность, почему учащимся выбрана именно эта тема). Анализ литературных источников (рекомендуется использовать данные за последние 5 лет). Основная часть. Состоит из нескольких разделов, постепенно раскрывающих тему. Возможно использование иллюстрации (графики, диаграммы, фотографии, карты, рисунки) Если необходимо, для обоснования темы используется ссылка на источники с доказательствами, взятыми из литературы (цитирование авторов, указание цифр, фактов, определений). Изложение материала должно быть связным, последовательным, доказательным. Способ изложения материала для выступления должен носить конспективный или тезисный характер. Заключение. Подводятся итоги, формулируются главные выводы, подчеркивается значение рассмотренной проблемы, предлагаются самые важные практические рекомендации.

Обучающиеся должны быть готовы к участию в обсуждении докладов.

На что обратить внимание при выступлении (докладе):

1. Общее впечатление: внешний вид; речь (грамотная, самостоятельная, без использования шпаргалок, уверенная, свидетельствующая о знании темы); корректное и вежливое отношение к другим участникам учебного процесса.

2. Логика построения выступления: наличие обращения к слушателям учебной группы; определение актуальности работы; выявление проблемы, цели и задач работы; сообщение о наиболее важных содержательных элементах доклада; примеры, иллюстрирующие представленные сюжеты работы; выводы по итогам работы; наличие завершающей фразы (общий итог, перспективы разработки проблемы и т.д.).

3. Правильное использование профессиональных терминов и понятий в разработке темы.

4. Грамотное использование наглядности (применение компьютерных технологий, наличие схем, графиков, таблиц, т.д., работающих на раскрытие темы).

Готовясь к устной презентации, следует: - продумать свое обращение к слушателям учебной группы; - составить структуру устной презентации (не обязательно она полностью повторит письменный вариант работы, но непременно будет в целом соответствовать ему); - в том случае, если планируется использовать электронную презентацию: сделать ее в соответствии со структурой устного выступления; подобрать иллюстративный ряд; избегать стремления включить всю информацию (проговариваемые тексты) в слайды презентации; добиться синхронизации устного выступления и представления слайдов электронной презентации; быть готовым к тому, что могут возникнуть неполадки с техникой (стоит продумать вариант презентации без использования техники); - выучить структуру ответа: ключевая фраза, самые важные определения, идеи; - к каждой части выступления желательно привести пример и прокомментировать его.

Продолжительность доклада не должна превышать 10-12 минут в форме презентаций. После этого докладчику могут быть заданы вопросы. Текст доклада (вместе с презентационным материалом) в конце занятия передается преподавателю. По итогу выставляется оценка.

*Методические рекомендации по самостоятельному освоению пропущенных тем дисциплины.*

Преподаватель называет обучающемуся даты пропущенных занятий и количество пропущенных учебных часов. Форма отработки обучающимся пропущенного занятия выбирается преподавателем. Отработка обучающимся пропущенных лекций проводится в следующих формах:

1) самостоятельное написание обучающимся краткого конспекта по теме пропущенной лекции с последующим собеседованием с преподавателем

2) подготовки доклада по пропущенной теме

На отработку занятия обучающийся должен явиться согласно расписанию консультативных часов преподавателя, которое имеется на кафедре. При себе обучающийся должен иметь: выданное ему задание и отчет по его выполнению. Далее под контролем преподавателя выполняется практическая ра-

бота, обучающийся устно или письменно отвечает на вопросы преподавателя. Пропущенные лекции и практические занятия должны отрабатываться своевременно, до рубежного контроля по соответствующему разделу учебной дисциплины. Отработка засчитывается, если обучающийся демонстрирует зачётный уровень теоретической осведомлённости по пропущенному материалу.

В процессе изучения дисциплины «Задачи со свободными границами» важно постоянно пополнять и расширять свои знания. Изучение рекомендованной литературы и других источников информации является важной составной частью восприятия и усвоения новых знаний. Кроме того, необходимо отметить, что, в определенном смысле, качественный уровень всей самостоятельной работы обучающегося определяется уровнем самоконтроля.

Рабочая программа дисциплины «Задачи со свободными границами» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика направленности Механика жидкости, газа и плазмы.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры № 8 «27» января 2021 года, протокол № 5.

Разработчик:

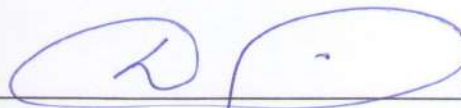
к.т.н., доцент



Р.Р. Муксимова

Заведующий кафедрой:

к.т.н., доцент



Я.М. Далингер

Руководитель ОПОП

д.ф.-м.н., профессор



Э.Н. Береславский

Программа согласована:

Проректор

по научной работе и экономике

д.э.н., профессор



А.В. Губенко

Начальник управления

аспирантуры и докторантуры

д.э.н., профессор



Н.В. Байдукова

Программа рассмотрена и одобрена на заседании Учебно-методического совета Университета «17» марта 2021 года, протокол № 5.