

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной деятельности КФУ  
проф. Таюрский Д.А.

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## **Программа дисциплины**

Краевые задачи аэрогидромеханики

Направление подготовки: 01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика нефтяного и газового пласта

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Марданов Р.Ф. (Кафедра аэрогидромеханики, отделение механики), Renat.Mardanov@kpfu.ru

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-2	Способен разрабатывать и применять новые методы математического моделирования в научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности
ПК-3	Способен к организации учебной деятельности в области физико-математических дисциплин

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

современное состояние механики деформируемых тел и сред, теоретической и прикладной механики, постановки основных задач механики и формулировки основных проблем;

Должен уметь:

применять полученные знания при решении задач механики и проведении экспериментальных исследований, грамотно использовать пакеты прикладных программ;

Должен владеть:

методами математического моделирования при анализе и решении задач естествознания

Должен демонстрировать способность и готовность:

решать следующие профессиональные задачи:

научно-исследовательская деятельность:

применение методов физического, математического и алгоритмического моделирования при анализе процессов и объектов реального мира, решении задач механики; проведение научно-исследовательских работ в области механики и математического моделирования; развитие теоретических основ механики и математики с учетом современных достижений отечественной и зарубежной науки и техники; анализ результатов научно-исследовательской работы, подготовка научных публикаций, рецензирование и редактирование научных статей;

производственно-технологическая деятельность:

разработка новых математических моделей в механике и создание специализированного программного обеспечения; корректное использование специальных программных комплексов при постановке и решении задач механики; внедрение результатов научно-исследовательских работ в области механики в практику;

организационно-управленческая деятельность:

анализ результатов производственно-технологической деятельности, качественная и количественная оценка последствий принимаемых решений; организация работы научно-исследовательских коллективов в области механики и математического моделирования; организация и проведение научно-исследовательских семинаров, конференций, симпозиумов в области механики; проведение экспертиз научно-исследовательских работ в области механики и математического моделирования; участие в деятельности государственных и иных организаций, направленной на выработку

понимания сути и применения естественнонаучных методов в различных областях жизни государства и общества;

педагогическая деятельность:

преподавание физико-математических дисциплин и информатики в образовательных организациях основного общего, среднего общего, среднего профессионального и высшего образования;

разработка методического обеспечения учебного процесса в образовательных организациях основного общего, среднего общего, среднего профессионального и высшего образования;

социально ориентированная деятельность, направленная на популяризацию точного знания, распространение научных знаний среди широких слоев населения, в том числе молодежи,

поддержку и развитие новых образовательных технологий.

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.08.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.04.03 "Механика и математическое моделирование (Механика нефтяного и газового пласта)" и относится к дисциплинам по выбору.  
Осваивается на 1 курсе в 1 семестре.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 36 часа(ов), в том числе лекции - 18 часа(ов), практические занятия - 18 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 90 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 54 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 1 семестре.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Сведение основной ОКЗА к внешней ОКЗ для функции с простым полюсом и логарифмической особенностью на бесконечности.	1	2	2	0	10
2.	Тема 2. Решение основной ОКЗА способом сопоставления плоскостей.	1	2	2	0	10
3.	Тема 3. Условия разрешимости основной ОКЗА. Идея и определение квазирешения основной ОКЗА. Построение квазирешения ОКЗА.	1	2	2	0	10
4.	Тема 4. Способ Г.Г. Тумашева решения ОКЗА.	1	2	2	0	10
5.	Тема 5. Решение ОКЗА для дозвукового потока по модели газа Чаплыгина; условия разрешимости и квазирешение.	1	2	2	0	10
6.	Тема 6. ОКЗА с учетом вязкости по модели пограничного слоя; этапы решения.	1	2	2	0	10
7.	Тема 7. ОКЗА для крыловых профилей экранопланов. Обобщения на случаи проницаемых крыловых профилей и профилей с выдувом реактивной струи.	1	2	2	0	10
8.	Тема 8. Краевые задачи фильтрации с неизвестными границами. Случаи напорной и безнапорной фильтрации.	1	2	2	0	10
9.	Тема 9. ОКЗ фильтрации под бетонными плотинами, из каналов и в земляных плотинах. Случай ограниченной и неограниченной глубины залегания водоупора.	1	2	2	0	10

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
	Итого		18	18	0	90

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

##### **Тема 1. Сведение основной ОКЗА к внешней ОКЗ для функции с простым полюсом и логарифмической особенностью на бесконечности.**

Выбор вспомогательной функции, для которой будет поставлена краевая задача во вспомогательной плоскости. Анализ поведения этой функции на бесконечности. Доказательство, что единственными особенностями выбранной функции на бесконечности будут простой полюс и логарифмическая особенность. Построение функции для удаления особенностей.

##### **Тема 2. Решение основной ОКЗА способом сопоставления плоскостей.**

Изложение основных идей метода сопоставления плоскостей, широко применяемого в аэрогидродинамике при решении соответствующих краевых задач. Применение метода сопоставления плоскостей к основной ОКЗА. Введение функции комплексного потенциала. Построение области в плоскости комплексного потенциала. Введение вспомогательной плоскости с канонической областью: внешностью единичной окружности.

##### **Тема 3. Условия разрешимости основной ОКЗА. Идея и определение квазирешения основной ОКЗА. Построение квазирешения ОКЗА.**

Вывод интегральных равенств, обеспечивающих однозначность вспомогательной функции, для которой методом сопоставления плоскостей строится прямая краевая задача во вспомогательной плоскости. Построение квазирешения в простейшем случае, при фиксированной скорости в задней кромке, с минимизацией нормы производной вспомогательной функции.

##### **Тема 4. Способ Г.Г. Тумашева решения ОКЗА.**

Разбор метода Тумашева решения основной ОКЗА. Выбор вспомогательной функции. Удаление особенностей вспомогательной функции. Построение краевой задачи во вспомогательной плоскости. Вывод условий разрешимости: условия на скорость набегающего потока и условия замкнутости. Построение примеров, когда основная ОКЗА решений не имеет.

##### **Тема 5. Решение ОКЗА для дозвукового потока по модели газа Чаплыгина; условия разрешимости и квазирешение.**

Изложение основных подходов, применяемых при учете сжимаемости потока в случае дозвуковых скоростей. Уравнения Чаплыгина. Математическая модель газа Чаплыгина. Постановка основной ОКЗА в рамках модели газа Чаплыгина. Вывод условий разрешимости. Определение квазирешения и описание методов его нахождения.

##### **Тема 6. ОКЗА с учетом вязкости по модели пограничного слоя; этапы решения.**

Основные подходы учета вязкости потока в рамках модели пограничного слоя. Метод Кочина-Лойцянского расчета пограничного слоя, толщина вытеснения и потери импульса, формапараметр. Постановка основной ОКЗА в рамках модели пограничного слоя. Условия разрешимости основной ОКЗА. Итерационные способы их удовлетворения. Построение примеров.

##### **Тема 7. ОКЗА для крыловых профилей экранопланов. Обобщения на случаи проницаемых крыловых профилей и профилей с выдувом реактивной струи.**

Постановка основной ОКЗА для крыловых профилей экранопланов. Интегральное представление решения и условия разрешимости. Квазирешения и методы их построения. Математические модели устройств отбора и выдува потока. Обобщение метода решения ОКЗА на случаи проницаемых крыловых профилей. Введение кусочно-аналитической функции комплексного потенциала для учета выдува реактивной струи.

##### **Тема 8. Краевые задачи фильтрации с неизвестными границами. Случаи напорной и безнапорной фильтрации.**

Основные физические аспекты явления фильтрации. Случаи напорной и безнапорной фильтрации. Закон Дарси. Постановка прямых и обратных краевых задач.

Постановка прямых и обратных краевых задач. Методы построения интегральных представлений решения. Вопросы существования и единственности. Свободные параметры и способы их выбора.

##### **Тема 9. ОКЗ фильтрации под бетонными плотинами, из каналов и в земляных плотинах. Случай ограниченной и неограниченной глубины залегания водоупора.**

Постановка ОКЗ фильтрации под бетонными плотинами, из каналов и в земляных плотинах. Вопросы однозначной разрешимости. Интегральные представления решений

Решение конкретных ОКЗ фильтрации под бетонными плотинами, из каналов и в земляных плотинах. Описание на физическом и математическом уровнях случаев ограниченной и неограниченной глубины залегания водоупора в ОКЗ теории фильтрации.

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

Лекции - Краевые задачи математической физики -

[http://www.studmed.ru/lekci-kraevye-zadachi-matematicheskoy-fiziki\\_3bc4a911d4e.html](http://www.studmed.ru/lekci-kraevye-zadachi-matematicheskoy-fiziki_3bc4a911d4e.html)

Онлайн-библиотека: Уравнения математической физики, дифференциальные уравнения с частными производными - <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/pde.htm>

Учебно-образовательная физико-математическая библиотека. Математическая физика, уравнения с частными производными - <http://mechmath.ipmnet.ru/lib/?s=pde>

### **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

### **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.



Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

#### 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Лекторий "Потенциальные течения жидкости" - <https://www.lektorium.tv/mooc2/29124>

материалы конференции "Обратные краевые задачи и их приложения" - <https://kpfu.ru/math/conference/vserossijskaya-nauchnaya-konferenciya-39obratnye/materialy>

ОКЗА. статья в соросовском журнале - [http://www.pereplet.ru/nauka/Soros/pdf/9704\\_105.pdf](http://www.pereplet.ru/nauka/Soros/pdf/9704_105.pdf)

#### 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Студентам необходимо посещать лекции, вести конспект лекций вслед за изложением материала преподавателем. Рекомендуется прорабатывать конспект в течение дня после лекции и просматривать его вновь накануне следующей лекции. В случае обнаружения ошибок или возникновения вопросов по предыдущему материалу необходимо обратиться к преподавателю.
практические занятия	Для подготовки к практическим занятиям студенту рекомендуется предварительно проработать как лекционный материал, так и материал предыдущих практических занятий. Основой для подготовки служит добросовестное выполнение домашнего задания. Для успешного решения задач первой части курса студентам рекомендуется вспомнить материал, освоенный в предыдущих семестрах в рамках базовых математических дисциплин.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов состоит из двух основных частей - проработка лекционного материала и выполнения домашних заданий. Для освоения теоретического и практического материала, в случае, когда конспектов оказывается недостаточным, или для более детальной проработки отдельных тем рекомендуется использовать литературу, указанную в соответствующем разделе. Все возникающие вопросы рекомендуется заранее четко сформулировать и впоследствии обсудить с преподавателем
экзамен	Подготовку к экзамену рекомендуется разделить на два этапа. На первом этапе прорабатываются все экзаменационные вопросы и формулируются вопросы к преподавателю в рамках консультации по разделам, недостаточно подробно описанным в рамках лекционного курса или более трудным в освоении материала. После консультации происходит окончательная проработка и закрепление материала по всем экзаменационным вопросам.

#### 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

#### 11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

## **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 01.04.03 "Механика и математическое моделирование" и магистерской программе "Механика нефтяного и газового пласта".



Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.08.01 Краевые задачи аэрогидромеханики

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Направление подготовки: 01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика нефтяного и газового пласта

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

**Основная литература:**

Нигматулин Р.И. Механика сплошной среды. Кинематика. Динамика. Термодинамика. Статистическая динамика [Электронный ресурс] / Нигматулин Р. И. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 640 с. - ISBN 978-5-9704-2898-6 - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970428986.html>

Краевые задачи для дифференциальных уравнений и аналитических функций - 2014: материалы Международной научной конференции (Казань, 29 сентября - 1 октября 2014 г.) Труды математического центра им. Н. И. Лобачевского. Т. 49 /Под ред. Агачев Ю. Р. - 2015 - URL: <https://kpfu.ru/portal/docs/F650024751/kazandiff2014.pdf>

**Дополнительная литература:**

Елизаров, А.М. Краевые задачи механики жидкости и газа [Текст: электронный ресурс]: учебное пособие / А. М. Елизаров ; Казан. (Приволж.) федер. ун-т, Ин-т математики и механики им. Н. И. Лобачевского, Каф. аэрогидромеханики. - Электронные данные (1 файл: 2,21 Мб). - (Казань : Казанский федеральный университет, 2013). - Загл. с экрана. - Для 11-го семестра. - URL: [https://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/21427/05\\_038\\_000450.pdf](https://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/21427/05_038_000450.pdf)

Марданов, Р.Ф. Особенности численной реализации методов решения прямых и обратных краевых задач аэрогидродинамики : учебное пособие к курсу 'Численная реализация методов решения прямых и обратных краевых задач аэрогидродинамики' / Р.Ф. Марданов; Казан. (Приволж.) федер. ун-т, Ин-т математики и механики им. Н. И. Лобачевского, Каф. аэрогидромеханики. - Казань : [КФУ], 2013. - 59с. - URL: <http://kpfu.ru/docs/F1787765434/metopkza.pdf>

Ильинский, Н.Б. Обратные краевые задачи теории фильтрации: учеб. пособие к курсу 'Обратные краевые задачи механики жидкости и газа'. Ч. 3 / Ильинский Н.Б., Марданов Р.Ф. - Казань: КГУ, 2007 - 55с. - URL: <http://kpfu.ru/docs/F276196597/okz3.pdf>

Ильинский, Н.Б. Краевые задачи теории взрыва / Н.Б. Ильинский, А.В. Поташев.- Казань : Изд-во Казанского университета, 1986. - 182 с.

Ильинский, Н.Б. Математические основы обратных краевых задач: учеб. пособие к курсу 'Обратные краевые задачи механики жидкости и газа' Ч. 1 / Ильинский Н.Б., Абзалилов Д.Ф. - Казань: КГУ, 2005 - 55с.

Ильинский, Н.Б. Обратные краевые задачи аэрогидродинамики: учеб. пособие к курсу 'Обратные краевые задачи механики жидкости и газа'. Ч. 2 / Ильинский Н.Б., Абзалилов Д.Ф. - Казань: КГУ, 2006. - 62с.

*Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.08.01 Краевые задачи аэрогидромеханики*

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика нефтяного и газового пласта

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.