

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный университет»  
Факультет математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

Иванов А.Г.

подпись

«29» 05

2015 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **Б1.В.ДВ.10.02 ЗАДАЧИ И АЛГОРИТМЫ АЭРОДИНАМИКИ**

Направление подготовки /специальность

02.03.01 МАТЕМАТИКА И КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ

Направленность (профиль) /специализация

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Программа подготовки

АКАДЕМИЧЕСКАЯ

Форма обучения

ОЧНАЯ

Квалификация (степень)  
выпускника

БАКАЛАВР

Краснодар 2015

Рабочая программа дисциплины «Задачи и алгоритмы аэродинамики» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 02.03.01 МАТЕМАТИКА И КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ

Программу составил:

Бунякин А.В., доц. кафедры  
математических и компьютерных методов,  
к. ф.-м. н.



Рабочая программа дисциплины «Задачи и алгоритмы аэродинамики» утверждена на заседании кафедры математических и компьютерных методов

протокол № 1 «31» августа 2015 г.  
Заведующий кафедрой (разработчика)  
Дроботенко М.И.



Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры математических и компьютерных методов

протокол № 1 «31» августа 2015 г.  
Заведующий кафедрой (выпускающей)  
Дроботенко М.И.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета математики и компьютерных наук

протокол № 1 «09» сентября 2015 г.  
Председатель УМК факультета  
Титов Г.Н



Рецензенты:

Савенко И.В., коммерческий директор ООО «РосГлавВино»

Никитин Ю.Г., доцент кафедры теоретической физики и компьютерных технологий ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины**

### **1.1 Цель дисциплины**

**Основной целью** освоения дисциплины «Задачи и алгоритмы аэродинамики» является обучение применению современных методов для решения задач математического моделирования в аэродинамике, их технических приложений (гидродинамические модели являются широко распространенными). Получение высшего профессионального образования, позволяющего выпускнику успешно работать в избранной сфере деятельности с применением современных математических методов.

### **1.2 Задачи дисциплины**

**Задачей** курса является ознакомление студентов с методологическими подходами, позволяющими строить адекватные математические модели аэродинамических явлений; ознакомление с некоторыми распространенными моделями течений и основными методами исследования этих моделей.

### **1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Задачи и алгоритмы аэродинамики» относится к вариативной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных по стандарту высшего образования, и является основой для решения исследовательских задач. Для успешного освоения дисциплины студент должен владеть обязательным минимумом содержания основных образовательных программ по математике и информатике для бакалавров.

### **1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций: ОПК-3, ПК-2, 4.

| №<br>п.п. | Индекс<br>компетенции | Содержание<br>компетенции (или<br>её части) | В результате изучения учебной дисциплины<br>обучающиеся должны |       |         |
|-----------|-----------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------|---------|
|           |                       |                                             | знать                                                          | уметь | владеть |

| №<br>п.п. | Индекс<br>компетенции | Содержание<br>компетенции (или<br>её части)                                                                            | В результате изучения учебной дисциплины<br>обучающиеся должны             |                                                                  |                                                                                                           |
|-----------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           |                       |                                                                                                                        | знать                                                                      | уметь                                                            | владеть                                                                                                   |
| 1.        | <i>ОПК-3</i>          | способность к самостоятельной научно-исследовательской работе                                                          | примеры эффективной научно-исследовательской работы                        | определять общие формы и закономерности аэродинамики             | основными методами научного исследования в области аэродинамики                                           |
| 2.        | <i>ПК-2</i>           | способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики | основные типы задач, которые ставятся в рамках классической аэродинамике   | корректно поставить задачу и подобрать метод ее решения          | основными методами, используемым и для решения аэродинамических задач                                     |
| 3.        | <i>ПК-3</i>           | способность строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата            | основные утверждения классической аэродинамики, доказываемые в виде теорем | формулировать результат, видеть следствия полученного результата | основные типы математических объектов, используемых при доказательства строгих утверждений в аэродинамике |

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. ( $4 \cdot 36 = 144$  часа), их распределение по видам работ представлено в таблице (для студентов ОФО).

| Вид учебной работы                                                    |                               | Всего часов | Семестры (часы) |   |   |   |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------|-----------------|---|---|---|
|                                                                       |                               |             | 5               | — |   |   |
| Контактная работа, в том числе:                                       |                               |             |                 |   |   |   |
| Аудиторные занятия (всего):                                           |                               | 72          | 72              |   |   |   |
| Занятия лекционного типа                                              |                               | 36          | 36              | - | - | - |
| Лабораторные занятия                                                  |                               | -           | -               | - | - | - |
| Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)            |                               | 36          | 36              | - | - | - |
|                                                                       |                               | -           | -               | - | - | - |
| Иная контактная работа:                                               |                               |             |                 |   |   |   |
| Контроль самостоятельной работы (КСР)                                 |                               | 8           | 8               |   |   |   |
| Промежуточная аттестация (ИКР)                                        |                               | 0,3         | 0,3             |   |   |   |
| Самостоятельная работа, в том числе:                                  |                               |             |                 |   |   |   |
| Курсовая работа                                                       |                               | -           | -               | - | - | - |
| Проработка учебного (теоретического) материала                        |                               | 12          | 12              | - | - | - |
| Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций) |                               | 12          | 12              | - | - | - |
| Реферат                                                               |                               | 8           | 8               | - | - | - |
|                                                                       |                               |             |                 |   |   |   |
| Подготовка к текущему контролю                                        |                               | 4           | 4               | - | - | - |
| Контроль:                                                             |                               |             |                 |   |   |   |
| Подготовка к экзамену                                                 |                               | 27,7        | 27,7            |   |   |   |
| Общая трудоемкость                                                    | час.                          | 144         | 144             | - | - | - |
|                                                                       | в том числе контактная работа | 80,3        | 80,3            |   |   |   |
|                                                                       | зач. ед                       | 2           | 2               |   |   |   |

### 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 7 семестре (для студентов ОФО).

| № раз-дела | Наименование разделов                                                                                                    | Количество часов |                   |    |    |                        |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|----|----|------------------------|
|            |                                                                                                                          | Всего            | Аудиторная работа |    |    | Самостоятельная работа |
|            |                                                                                                                          |                  | Л                 | ЛР | ПЗ |                        |
| 1          | Общие сведения о математических моделях аэродинамики и газовой динамики, физические свойства жидких и газообразных сред. | 24               | 12                |    | 12 | 20                     |

|   |                                                                                                                                                                                 |     |    |        |    |    |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----|--------|----|----|
| 2 | Прямые и обратные задачи математического моделирования в плоской аэродинамике. Сведения об основных методах решения уравнений движения жидкости и газа (аналитические решения). | 24  | 12 |        | 12 | 20 |
| 3 | Методы численного моделирования и асимптотического анализа аэродинамических моделей.                                                                                            | 24  | 12 |        | 12 | 30 |
|   | <i>Итого по дисциплине:</i>                                                                                                                                                     | 144 | 36 | +2 КСР | 36 | 70 |
| 1 | 2                                                                                                                                                                               | 3   |    |        |    | 4  |

## 2.3 Содержание разделов дисциплины:

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

| № | Наименование раздела                                                                                                                                                            | Содержание раздела                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Форма текущего контроля |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1 | 2                                                                                                                                                                               | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 4                       |
| 1 | Общие сведения о математических моделях аэромеханики и газовой динамики, физические свойства жидких и газообразных сред.                                                        | <p>1.1 Математическое моделирование сплошной среды, определение плотности, определение изотропного давления, физические свойства жидкостей и газов.</p> <p>1.2 Силы давления на поверхности, статическое состояние жидкости, закон Архимеда, основы теории плавания.</p> <p>1.3 Простейшая математическая модель статического состояния газообразной среды, модель политропной атмосферы и неустойчивость ее равновесного состояния.</p>                                                                | Опрос                   |
| 2 | Прямые и обратные задачи математического моделирования в плоской аэродинамике. Сведения об основных методах решения уравнений движения жидкости и газа (аналитические решения). | <p>2.1 Математическая модель идеальной жидкости и система уравнений Эйлера.</p> <p>2.2 Примеры точных решений системы уравнений Эйлера, их физическая интерпретация.</p> <p>2.3 Интегральные соотношения как следствия из системы уравнений Эйлера (интегралы Бернулли и Коши – Лагранжа), их приложения к решению задач.</p> <p>2.4 Задачи обтекания идеальной жидкостью (прямая и обратная), теория Н.Е. Жуковского о подъемной силе, методы решения уравнений Эйлера в плоскопараллельном случае</p> | Опрос                   |

|   |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |         |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|   |                                                                                                          | (конформные отображения, контурные интегралы, разложение в сумму с использованием метода базисных потенциалов).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |         |
| 3 | Методы численного моделирования и асимптотического анализа гидромеханических и аэродинамических моделей. | <p>3.1 Уравнения Навье – Стокса и понятие о методах их численного решения.</p> <p>3.2 Асимптотическая теория обтекания тела при больших числах Рейнольдса (основы теории пограничного слоя, струйные течения как пример разрывных решений в этом предельном случае).</p> <p>3.3 Приближение Стокса как асимптотика малых чисел Рейнольдса, сведение этого случая к бигармонической задаче для функции тока.</p> <p>3.4 Метод характеристик для гиперболической системы уравнений 2х2 на примере нестационарного одномерного течения газа (для аналогичного случая жидкости – аналогия мелкой воды и теория гидравлического удара по Н.Е. Жуковскому).</p> <p>3.5 Математическое моделирование плоскопараллельных установившихся сверхзвуковых течений адиабатного газа, ударные волны как пример разрывных решений уравнений Эйлера в этом случае.</p> | Экзамен |

### 2.3.2 Занятия семинарского типа УП не предусмотрены.

| № | Наименование раздела | Тематика практических занятий (семинаров) | Форма текущего контроля |
|---|----------------------|-------------------------------------------|-------------------------|
| 1 | 2                    | 3                                         | 4                       |
|   |                      |                                           |                         |
|   |                      |                                           |                         |
|   |                      |                                           |                         |

### 2.3.3 Лабораторные занятия

| № разд-дела | Наименование раздела | Наименование лабораторных работ                                                                 | Форма текущего контроля |
|-------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 2           | См. таблицу 2.3.1    | Аналитические решения задач по математическому моделированию течений идеальной жидкости (задачи | Опрос                   |

|       |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                             |       |
|-------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|       |                   | обтекания, истечения, воздействия потока на поверхности).                                                                                                                                                                                                                   |       |
| 2 – 3 | См. таблицу 2.3.1 | Аналитические решения задач с использованием интегрального соотношения (уравнения) Бернулли для идеальной жидкости и с учетом вязкости (для трубки тока с гидравлическими потерями), а также уравнения Коши – Лагранжа.                                                     | Опрос |
| 3     | См. таблицу 2.3.1 | Численные методы решения и асимптотический анализ на примерах гидромеханических и газодинамических задач для идеальной и вязкой среды (задачи со старшим оператором Лапласа, гиперболические системы 2х2 первого порядка, задачи, сводящиеся к бигармоническому уравнению). | Опрос |
| 1     | 2                 | 3                                                                                                                                                                                                                                                                           | 4     |

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

*Курсовые работы УП не предусмотрены.*

## 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

| № | Наименование раздела                                                                                                                                                             | Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2                                                                                                                                                                                | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1 | Общие сведения о математических моделях гидромеханики и газовой динамики, физические свойства жидких и газообразных сред.                                                        | Седов Л.И. Механика сплошной среды Том. 1 – список дополнительной литературы п. 5.2.1.                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 2 | Прямые и обратные задачи математического моделирования в плоской гидромеханике. Сведения об основных методах решения уравнений движения жидкости и газа (аналитические решения). | Седов Л.И. Механика сплошной среды Том. 2 – список дополнительной литературы п. 5.2.1.                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 3 | Методы численного моделирования и асимптотического анализа гидромеханических и аэродинамических моделей.                                                                         | Бэтчелор Дж., Моффат Г., Сэффмен Ф. и др. Современная гидромеханика. Успех и проблемы – список основной литературы п. 5.1.1.<br><br>Годунов С.К., Забродин А.В., Иванов М.Я., Крайко А.Н., Прокопов Г.П. Численное решение многомерных задач газовой динамики – список основной литературы п. 5.1.2.<br><br>Слезкин Н.А. Лекции по гидромеханике – |



### **3. Образовательные технологии:**

*Видеозаписи и фотографии экспериментальных установок – см. п. 9*

### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

#### **4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации**

*Текущие аттестации не предусматриваются.*

#### **4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации см. в приложении 1 к данной РП.**

*Контрольные вопросы (к экзамену):*

1. Понятие фазовых состояний «жидкость и газ», их отличие по механическим свойствам.
2. Плотность и понятие сплошной среды, примеры сред, не имеющих строгого определения плотности.
3. Вязкость жидкости, ее определение, физическая размерность, способы и приборы для измерения (хотя бы один).
4. Гидростатическое давление, нахождение сил, действующих на стенки резервуара, центр давления (определение его и хотя бы один пример нахождения).
5. Закон Архимеда, центр плавания тела (его определение), условие остойчивости плавающего тела.
6. Понятие идеальной жидкости и идеального газа (последнее только касательно механических и обще – термодинамических характеристик).
7. Уравнение движения идеальной жидкости (Эйлера), простейшие примеры его решения (хотя бы один).
8. Уравнение неразрывности (сплошности) как следствие закона сохранения массы.
9. Учет сжимаемости газа и различные виды уравнения состояния. Частный случай несжимаемой жидкости.
10. Уравнение Бернулли вдоль линии тока установившегося течения идеальной жидкости (без доказательства), пример его применения (хотя бы один).
11. Уравнение Бернулли для линии тока идеального газа (без доказательства), пример его применения, эффект Джоуля – Томсона.
12. Взаимодействие потока идеальной жидкости с твердым телом (потенциальное обтекание), нахождение силы, действующей на обтекаемое тело, парадокс Даламбера.
13. Теоремы Гельмгольца о вихрях, понятие трубок тока, формула Лагранжа для изменения циркуляции.
14. Удар струи о препятствие, сила действия струи, мощность струи, передаваемая движущемуся телу.
15. Гидравлический удар в трубе, формула Жуковского, пример движения в трубе после гидроудара (динамический процесс при каких-либо начальных условиях).
16. Уравнение Навье – Стокса (без доказательства), простейший пример его решения (хотя бы один).
17. Уравнение Бернулли для струйки вязкой жидкости, понятие гидравлических потерь, потери по длине и на местных сопротивлениях (решение хотя бы одной задачи на учет гидравлических потерь).
18. Использование теории размерностей в задачах механики жидких и газообразных сред (П – теорема без доказательства), гидродинамическое и газодинамическое подобие при моделировании течений.

19. Течения около тел в бесконечной области с заданием постоянной скорости в бесконечности (задачи обтекания) – их обезразмеривание и предельные случаи (по числу Рейнольдса).
20. Пленки и капельные течения (их определение и действие сил поверхностного натяжения) – приближение Стокса.
21. Класс потенциальных и вихрепотенциальных течений (предельный случай бесконечного числа Рейнольдса), понятие пограничного слоя.
22. Теория Жуковского о подъемной силе крылового профиля. Метод конформных отображений для потенциального обтекания несжимаемой жидкостью. Присоединенный вихрь.
23. Методы контурных и поверхностных интегралов для получения усредненных по потоку величин. Уравнение Бернулли для трубки тока.
24. Метод характеристик для нестационарного одномерного течения идеального газа. Волны Римана.
25. Метод характеристик для стационарного сверхзвукового течения газа идеального газа. Волны Прандтля – Майера.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### **5.1 Основная литература (скан-копию см. в приложении 1 к данной РП):**

- 5.1.1. Сабитов, К.Б. Уравнения математической физики [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Москва: Физматлит, 2013. – 352 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59660>
- 5.1.2. Темам Р. Математическое моделирование в механике сплошных сред: учебное пособие / Темам Р., Миранвиль А. — Электрон. дан. — М.: "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2017. — 323 с. — ISBN 978-5-00101-494-2- [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/94110> (06.04.2018).
- 5.1.3. Рябенский, В. С. Введение в вычислительную математику [Электронный ресурс] / В. С. Рябенский. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 288 с. - (Физтехковский учебник). - ISBN 978-5-9221-0926-0. — Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/544692>

### **5.2 Дополнительная литература (скан-копию см. в приложении 2 к данной РП):**

- 5.2.1. Седов Л.И. Механика сплошной среды М. «Наука» Глав. ред. физ. – мат. лит., 2014 Тома 1 – 532 с., 2 – 560 стр.
- 5.2.2. Бэтчелор Дж., Моффат Г., Сэффмен Ф. и др. Современная гидромеханика. Успех и проблемы. М. «Мир» 2014, 501 стр.
- 5.2.3. Годунов С.К., Забродин А.В., Иванов М.Я., Крайко А.Н., Прокопов Г.П. Численное решение многомерных задач газовой динамики. М. «Наука» Глав. ред. физ. – мат. лит., 2012, 400 стр.

5.2.4. Слезкин Н.А. Лекции по гидромеханике Изд. Моск. ун-та., 2014, 220 стр.

5.3. Периодические издания (*PDF – копии см в приложении 3*):

5.3.1. Bunyakin A.V., Chernyshenko S.I., Stepanov G.Yu. Inviscid Batchelor – model flow past an airfoil with a vortex trapped in a cavity // J.Fluid Mech. – 1996. – Vol. 323. – P. 367 – 376.

<http://dx.doi.org/10.1017/S002211209600095X>

5.3.2. Bunyakin A.V., Chernyshenko S.I., Stepanov G.Yu. High – Reynolds – number Prandtl – Batchelor – model flow past an aerofoil with a vortex trapped in a cavity // J.Fluid Mech. – 1998. – Vol. 358. – P. 283 – 297.

<http://dx.doi.org/10.1017/S0022112097008203>

5.3.3. Бунякин А.В. Ламинарный пограничный слой при обтекании крылового профиля с круговой выемкой // Изв. РАН Мех. жидк. и газа – 1998. – №2. – С. 52 – 57.

5.3.4. Бунякин А.В. Вихревая ячейка с вращающимся внутри цилиндром на поверхности крылового профиля при больших числах Рейнольдса // Изв. РАН Мех. жидк. и газа. – 2001. – № 4. – С. 87 – 92.

5.3.5. Sandoval M., Chernyshenko S. Extension of the Prandtl – Batchelor theorem to three-dimensional flows slowly varying in one direction // Journal of Fluid Mechanics 2010. V. 654. P. 351 – 361

## **6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля): Wikipedia**

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

В процессе самостоятельной работы каждый обучающийся получает задания по каждому из трех разделов дисциплины (см. табл. 2.2), которые принимаются по согласованию с преподавателем (в специально назначаемое время).

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)**

### 8.1 Перечень необходимого программного обеспечения:

Лицензированные программы не используются, а только авторские.

### 8.2 Перечень необходимых информационных справочных систем: Wikipedia

### 8.3 Перечень информационных справочных систем:

1. Справочно-правовая система «Консультант Плюс»  
(<http://www.consultant.ru>)
2. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru>)

### 9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю):

Информация об установках и экспериментах на них (в том числе и по возможным темам студенческих НИР) см. на сайте: <http://biclon.ru>

### 9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

| №  | Вид работ                                  | Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность                                                                                                                                                                                      |
|----|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Лекционные занятия                         | Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук, ...) и соответствующим программным обеспечением (ПО) .... специализированные демонстрационные стенды _____ (наименование) и установки _____ (наименование);. |
| 2. | Семинарские занятия                        | Специальное помещение, оснащенное _____ (перечислить основное оборудование) ....                                                                                                                                                                            |
| 3. | Лабораторные занятия                       | Лаборатория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения .....                                                                                                                                                           |
| 4. | Курсовое проектирование                    | Кабинет для выполнения курсовых работ                                                                                                                                                                                                                       |
| 5. | Групповые (индивидуальные) консультации    | Аудитория, (кабинет) .....                                                                                                                                                                                                                                  |
| 6. | Текущий контроль, промежуточная аттестация | Аудитория, (кабинет) .....                                                                                                                                                                                                                                  |
| 7. | Самостоятельная работа                     | Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.                  |