

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Факультет компьютерных систем и информационных технологий

Кафедра прикладной математики

УТВЕРЖДАЮ:



Декан факультета компьютерных  
систем и информационных технологий  
Кочевский А.А.

19 » апреля 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы физического эксперимента»

По направлению подготовки 01.03.03 Механика и математическое  
моделирование

Профиль: «Механика деформируемых тел и сред»

Луганск – 2023 г.

## Лист согласования РПУД

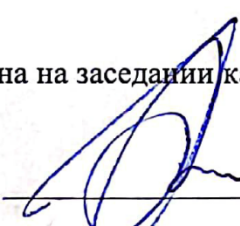
Рабочая программа учебной дисциплины «Основы физического эксперимента» по направлению подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование. — с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Основы физического эксперимента» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от «10» января 2018 года № 10.

### СОСТАВИТЕЛЬ:

канд. техн. наук, доцент Бугаенко В.В.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры прикладной математики «18» апреля 2023 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой прикладной математики  В.В.Малый

Переутверждена: «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

Переутверждена: «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии факультета компьютерных систем и информационных технологий «19» апреля 2023 г., протокол № 8.

Председатель учебно-методической комиссии факультета компьютерных систем и информационных технологий \_\_\_\_\_



Н.Н. Ветрова.

© Бугаенко В.В., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

## Структура и содержание дисциплины

### 1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

*Цель* изучения дисциплины – приобретение студентами навыков в решении инженерных задач по экспериментальному определению параметров потоков.

*Задачи:* – изучение теоретических основ измерения параметров потоков, конструкций и характеристик насадков для измерения параметров потоков.

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Дисциплина «Основы физического эксперимента» относится к циклу дисциплин формируемому участниками образовательных отношений (дисциплины по выбору. ДВ. 4).

Необходимым условием для освоения дисциплины являются знания умения и навыки, полученные студентами при изучении дисциплин: «Алгебра и геометрия», «Общая физика», «Основы механики сплошной среды», «Аэрогидромеханика», «Теплофизические свойства жидкостей и газов».

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин «Прикладная газовая динамика», «Теплофизические свойства жидкостей и газов», «Аэрогидромеханика», «Практикум по аэрогидромеханике» и служит основой для выполнения квалификационной работы.

### 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

| Код и наименование компетенции                                                                                                                          | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)      | Перечень планируемых результатов                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1. Способен выполнять научно-исследовательские работы в соответствии с техническим заданием в составе научного коллектива по отдельным разделам темы | ПК-1.1. Знать стандартные алгоритмы для решения поставленных задач | <b>Знать:</b> основы теории измерения параметров потоков, конструкции насадков и их характеристики.<br><b>Уметь:</b> осуществить выбор способа измерения параметров потоков, подобрать соответствующие данным условиям измерения насадки.<br><b>Владеть:</b> методами осуществления процедуры измерения параметров потоков. |

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

| Вид учебной работы | Объем часов (зач. ед.) |               |
|--------------------|------------------------|---------------|
|                    | Очная форма            | Заочная форма |

|                                                             |                                    |                                    |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Общая учебная нагрузка (всего)</b>                       | <b>216</b><br><b>(6,0 зач. ед)</b> | <b>216</b><br><b>(6,0 зач. ед)</b> |
| <b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)</b>     | <b>112</b>                         | <b>60</b>                          |
| <b>в том числе:</b>                                         |                                    |                                    |
| Лекции                                                      | 56                                 | 20                                 |
| Семинарские занятия                                         | -                                  | -                                  |
| Практические занятия                                        | 42                                 | 20                                 |
| Лабораторные работы                                         | 14                                 | 20                                 |
| Курсовая работа (курсовой проект)                           | -                                  | -                                  |
| Другие формы и методы организации образовательного процесса | -                                  | -                                  |
| <b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>              | <b>104</b>                         | <b>156</b>                         |
| Итоговая аттестация                                         | Зачёт                              | Зачёт                              |

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

### Семестр 8.

Тема 1. Методологические основы эксперимента. Общие положения. Способы обобщения результатов исследования. Выявление формы чисел подобия из математической формулировки задачи. Метод аналогий. Электрогидродинамическая аналогия.

Тема 2. Измерение физических величин. Прямые, косвенные совокупные и совместные измерения. Погрешности результатов исследования. Общие сведения о погрешностях эксперимента. Основные элементы теории погрешностей. Погрешности средств измерения. Погрешности округления, отсчитывания табличных данных и других величин. Погрешности прямых измерений. Погрешности косвенных измерений. Практическое вычисление погрешностей. Графический способ представления результатов эксперимента.

Тема 3. Измерение давления и вакуума. Основные способы и средства измерения давления и вакуума. Жидкостные и грузопоршневые приборы для измерения давления. Деформационные приборы давления. Приборы давления с унифицированным входным сигналом. Электрические датчики давления. Приборы для измерения вакуума.

Тема 4. Измерение параметров потока в аэродинамических трубах. Связь между параметрами, характеризующими движущийся поток и параметрами торможения того же потока. Связь между параметрами потока до и после прямого скачка уплотнения. Связь между параметрами потока до и после косоугольного скачка уплотнения.

Тема 5 Измерение статического и полного давления в потоке газа. Общие положения. Измерение статического давления. Насадки для измерения статического давления. Измерение полного давления в потоке газа. Насадки для измерения полного давления. Измерение полного давления в потоке газа с большим поперечным градиентом скорости.

Тема 6. Измерение числа Маха и скорости потока. Способы измерения скорости потоков газа. Измерение скорости несжимаемой среды. Комбинированные насадки. Измерение режимной скорости в аэродинамической трубе малых скоростей. Измерение больших дозвуковых

скоростей. Измерение сверхзвуковых скоростей. Измерение скорости потока термоанемометром. Измерения в пограничном слое

Тема 7. Измерение направления потока. Общие положения. Трубчатые угломерные насадки. Цилиндрические насадки. Шаровой насадок. Насадок с полусферической головкой. Клиновые и конические насадки. Измерение направления потока термоанемометром

Тема 8. Измерение температуры. Общие положения. Основные способы измерения температуры. Температурные шкалы. Средства измерения температуры контактным способом. Измерение температуры потока. Датчики для измерения температуры торможения.

Тема 9. Измерение расхода и количества жидкостей и газов. Общие сведения. Основы теории измерения расхода по перепаду давления в сужающих устройствах. Методика расчёта сужающих устройств. Методика использования сужающих устройств Расходомеры постоянного перепада давления. Ротаметры. Тахометрические расходомеры.

#### 4.3. Лекции

| №<br>п/п | Название темы                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Объем часов    |                  |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------|
|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Очная<br>форма | Заочная<br>форма |
| 1        | Тема 1. Методологические основы эксперимента. Способы обобщения результатов исследования. Выявление формы чисел подобия из математической формулировки задачи. Метод аналогий.                                                                                                                                      | 6              | 2,0              |
| 2        | Тема 2. Измерение физических величин: прямые, непрямые, совокупные и совместные измерения. Погрешности результатов исследования.                                                                                                                                                                                    | 8              | 3,0              |
| 3        | Тема 3. Измерение давления и вакуума. Основные способы и средства измерения давления и вакуума.                                                                                                                                                                                                                     | 4              | 1,0              |
| 4        | Тема 4. Измерение параметров потока в аэродинамических трубах. Связь между параметрами, характеризующими движущийся поток и параметрами торможения того же потока. Связь между параметрами потока до и после скачков уплотнения                                                                                     | 4              | 1,0              |
| 5        | Тема 5. Измерение статического и полного давления в потоке газа. Измерение статического давления. Насадки для измерения статического давления. Измерение полного давления в потоке газа. Насадки для измерения полного давления. Измерение полного давления в потоке газа с большим поперечным градиентом скорости. | 6              | 3,0              |
| 6        | Тема 6. Измерение числа Маха и скорости потока. Способы измерения скорости потоков газа. Измерение скорости несжимаемой среды. Тема 1.                                                                                                                                                                              | 10             | 4,0              |

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |           |           |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
|               | Комбинированные насадки. Измерение режимной скорости в аэродинамической трубе малых скоростей. Измерение больших дозвуковых скоростей. Измерение сверхзвуковых скоростей. Измерение скорости потока термоанемометром. Измерения в пограничном слое                                                                        |           |           |
| 7             | Тема 7. Измерение направления потока. Трубчатые угломерные насадки. Цилиндрические насадки. Шаровой насадок. Насадок с полусферической головкой. Клиновые и конические насадки. Измерение направления потока термоанемометром                                                                                             | 4         | 1,0       |
| 8             | Тема 8. Измерение температуры. Общие положения. Основные способы измерения температуры. Температурные шкалы. Средства измерения температуры контактным способом. Измерение температуры потока. Датчики для измерения температуры торможения.                                                                              | 6         | 2,0       |
| 9             | Тема 9. Измерение расхода и количества жидкостей и газов. Общие сведения. Основы теории измерения расхода по перепаду давления в сужающих устройствах. Методика расчёта сужающих устройств. Методика использования сужающих устройств. Расходомеры постоянного перепада давления. Ротаметры. Тахометрические расходомеры. | 8         | 3,0       |
| <b>Итого:</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>56</b> | <b>20</b> |

#### 4.4. Практические занятия

| №<br>п/п | Название темы                                                                                       | Объем часов    |                  |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------|
|          |                                                                                                     | Очная<br>форма | Заочная<br>форма |
| 1        | Определение погрешностей косвенных измерений.                                                       | 6              | 2                |
| 2        | Расчёт скорости потока по результатам измерения сферическим зондом.                                 | 6              | 2                |
| 3        | Определение скорости сверхзвукового потока по результатам измерения пневмометрическими приёмниками. | 6              | 2                |
| 4        | Расчёт сужающего устройства для измерения расхода жидкости.                                         | 6              | 4                |
| 5        | Определение погрешности измерения расхода жидкости с помощью сужающего устройства.                  | 6              | 3                |
| 6        | Расчёт сужающего устройства для измерения расхода газа.                                             | 6              | 4                |
| 7        | Определение погрешности измерения расхода газа с помощью сужающего устройства.                      | 6              | 3                |

|               |           |           |
|---------------|-----------|-----------|
| <b>Итого:</b> | <b>42</b> | <b>20</b> |
|---------------|-----------|-----------|

#### 4.5. Лабораторные работы

| №<br>п/п      | Название темы                                                                              | Объем часов    |                  |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------|
|               |                                                                                            | Очная<br>форма | Заочная<br>форма |
| 1             | Изучение конструкции насадков для измерения статического давления в потоке.                | 1              | 2                |
| 2             | Измерение статического давления в потоке.                                                  | 1              | 2                |
| 3             | Изучение конструкции насадков для измерения полного давления в потоке.                     | 1              | 2                |
| 4             | Измерение полного давления в потоке .                                                      | 1              | 2                |
| 5             | Измерение поля скорости в круглой цилиндрической трубе. Определение погрешности измерений. | 2              | 2                |
| 6             | Изучение конструкции насадков для измерения направления потока.                            | 1              | 2                |
| 7             | Изучение конструкции сужающих устройств для измерения расхода жидкостей и газов.           | 1              | 2                |
| 8             | Измерение расхода жидкости с помощью диафрагмы.                                            | 2              | 2                |
| 9             | Измерение расхода воздуха с помощью входного коллектора.                                   | 1              | 1                |
| 10            | Изучение конструкции ротаметра.                                                            | 1              | 1                |
| 11            | Измерение расхода воздуха с помощью ротаметра.                                             | 1              | 1                |
| 12            | Изучение конструкции тахометрических расходомеров                                          | 1              | 1                |
| <b>Итого:</b> |                                                                                            | <b>14</b>      | <b>20</b>        |

#### 4.6. Самостоятельная работа студентов

| №<br>п/п | Название темы                                                                                                                                                                 | Вид СРС                                                         | Объем часов    |                  |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------|------------------|
|          |                                                                                                                                                                               |                                                                 | Очная<br>форма | Заочная<br>форма |
| 1        | Тема 1. Методологические основы эксперимента. Способы обобщения результатов исследования Выявление формы чисел подобия из математической формулировки задачи. Метод аналогий. | Поиск, анализ, структурирование и изучение информации по темам. | 12             | 18               |
| 2        | Тема 2. Измерение физических величин: прямые, не прямые, совокупные и совместные измерения. Погрешности результатов исследования.                                             |                                                                 | 12             | 20               |
| 3        | Тема 3. Измерение давления и                                                                                                                                                  |                                                                 | 10             | 14               |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |    |    |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----|----|
|   | вакуума. Основные способы и средства измерения давления и вакуума.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |    |    |
| 4 | Тема 4. Измерение параметров потока в аэродинамических трубах. Связь между параметрами, характеризующими движущийся поток и параметрами торможения того же потока. Связь между параметрами потока до и после скачков уплотнения                                                                                                                                                   |  | 10 | 14 |
| 5 | Тема 5. Измерение статического и полного давления в потоке газа. Измерение статического давления. Насадки для измерения статического давления. Измерение полного давления в потоке газа. Насадки для измерения полного давления. Измерение полного давления в потоке газа с большим поперечным градиентом скорости.                                                               |  | 10 | 18 |
| 6 | Тема 6. Измерение числа Маха и скорости потока. Способы измерения скорости потоков газа. Измерение скорости несжимаемой среды. Комбинированные насадки. Измерение режимной скорости в аэродинамической трубе малых скоростей. Измерение больших дозвуковых скоростей. Измерение сверхзвуковых скоростей. Измерение скорости потока термоанемометром. Измерения в пограничном слое |  | 14 | 20 |
| 7 | Тема 7. Измерение направления потока. Трубчатые угломерные насадки. Цилиндрические насадки. Шаровой насадок. Насадок с полусферической головкой. Клиновые и конические насадки. Измерение направления потока                                                                                                                                                                      |  | 10 | 14 |

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |            |            |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------|------------|
|               | термоанемометром                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |            |            |
| 8             | Тема 8. Измерение температуры. Общие положения. Основные способы измерения температуры. Температурные шкалы. Средства измерения температуры контактным способом. Измерение температуры потока. Датчики для измерения температуры торможения.                                                                              |  | 12         | 18         |
| 9             | Тема 9. Измерение расхода и количества жидкостей и газов. Общие сведения. Основы теории измерения расхода по перепаду давления в сужающих устройствах. Методика расчёта сужающих устройств. Методика использования сужающих устройств. Расходомеры постоянного перепада давления. Ротаметры. Тахометрические расходомеры. |  | 14         | 20         |
| <b>Итого:</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  | <b>104</b> | <b>156</b> |

**4.7. Курсовые проекты.** Учебным планом не предусмотрено выполнение курсового проекта.

## **5. Образовательные технологии**

Для достижения планируемых результатов освоения дисциплины «Экспериментальные методы в гидроаэродинамике» используются следующие образовательные технологии:

*Традиционные объяснительно-иллюстративные технологии*, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов;

*Информационные технологии*: использование электронных образовательных ресурсов, конспектов, методических указаний в электронной форме;

*Технологии проблемного обучения* в рамках разбора проблемных ситуаций;

*Работа в команде*: совместная работа студентов в группе при выполнении лабораторных работ.

## **6. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:**

а) основная литература:

1. Зарянкин А.Е., Основы физического моделирования, элементы теории размерностей и ее использование в задачах гидрогазодинамики : учеб. пособие

для вузов / Зарянкин А.Е. - М. : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01349-6 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383013496.html>

2. Арбеков А.Н., Термоанемометрические измерения параметров газовых потоков : Метод. указания / под ред. М.И. Осипова. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. - 32 с. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : [http://www.studentlibrary.ru/book/bauman\\_0294.html](http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0294.html)

3. Шкуратник В.Л., Измерения в физическом эксперименте : Учебник для вузов / Шкуратник В.Л. - 2-е изд., доп. и испр. - М. : Горная книга, 2006. - 335 с. - ISBN 5-98672-032-6 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5986720326.html>

4. Кремлевский П.П., Расходомеры и счетчики количества веществ : Справочник: Кн. 2 / Под общ. ред. Е. А. Шорникова. - 5-е изд., перераб. и доп. - СПб. : Политехника, 2015. - 412 с. - ISBN 5-7325-0709-4 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5732507094.html>

5. Харитонов А.М., Техника и методы аэрофизического эксперимента : учебник / А.М. Харитонов. – 2-е изд. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2016. - 643 с. (Серия "Учебники НГТУ".) - ISBN 978-5-7782-2873-3 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778228733.html>

б) дополнительная литература:

1. Теория и техника теплофизического эксперимента: Учеб. Пособие для вузов/Ю.Ф. Гортышов, Ф.Н. Дресвянников, Н.С. Идиатуллин и др.; Под ред. В.К. Щукина – М.: Энергоатомиздат, 1985. - 360с.
2. Преображенский В. П. Теплотехнические измерения и приборы: Учебник для вузов по специальности «Автоматизация теплоэнергетических процессов». – 3-е изд., перераб. – М.: «Энергия», 1978. – 704 с.
3. Теплотехнические измерения и приборы: Учебник для вузов / Г. М. Иванова, Н. Д. Кузнецов, В. С. Чистяков. – М.: Энергоатомиздат, 1984. 232 с.

в) методические указания:

1. Методические указания для практических занятий и самостоятельной работы по дисциплине «Экспериментальные методы в гидроаэродинамике» «Расчёт сужающих устройств для измерения расхода жидкостей и газов». /Сост.: Бугаенко В. В. Луганск, ЛНУ им. В. Даля, 2015. – 63 с.

2. Методические указания для лабораторных работ по дисциплине «Экспериментальные методы в гидроаэродинамике». /Сост.: Бугаенко В. В. Луганск, ЛНУ им. В. Даля, 2015. – 21 с.

в) Интернет-ресурсы:

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5986720326.html>

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются презентационная техника, наглядные пособия, плакаты, лабораторные установки, демонстрационные приборы.

Лекционные занятия: компьютер, проектор, экран, наглядные пособия.

Практические занятия: компьютер, проектор, экран, наглядные пособия, методические материалы.

Лабораторные занятия: лабораторная установка по определению параметров потока в цилиндрической трубе, лабораторная установка по измерению расхода воздуха с помощью ротаметра, лабораторная установка по измерению расхода жидкости с помощью диафрагмы, лабораторная установка по измерению расхода воздуха с помощью входного коллектора.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет, рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

## **8. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

### **Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Экспериментальные методы в гидроаэродинамике»**

Описание уровней сформированности и критериев оценивания компетенций на этапах их формирования в ходе изучения дисциплины

| Этап                  | Код компетенции                                                                                                                                         | Уровни сформированности компетенции | Критерии оценивания компетенции                                                                                                    |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Начальный</b>      | ПК-1. Способен выполнять научно-исследовательские работы в соответствии с техническим заданием в составе научного коллектива по отдельным разделам темы | <b>Пороговый</b>                    | <b>Знать:</b> основы теории измерения параметров потоков, конструкции насадков и их характеристики.                                |
| <b>Основной</b>       |                                                                                                                                                         | <b>Базовый</b>                      | <b>Уметь:</b> осуществить выбор способа измерения параметров потоков, подобрать соответствующие данным условиям измерения насадки. |
| <b>Заключительный</b> |                                                                                                                                                         | <b>Высокий</b>                      | <b>Владеть:</b> методами осуществления процедуры измерения параметров потоков.                                                     |

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины

| № | Код | Формулировка | Контролируемые темы учебной | Этапы |
|---|-----|--------------|-----------------------------|-------|
|---|-----|--------------|-----------------------------|-------|

| п / п | контролируемой компетенции | контролируемой компетенции                                                                                                                        | дисциплины, практики                                                                                                                                                                                                                                                                                                | формирования (семестр изучения) |
|-------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 1     | ПК-1                       | Способен выполнять научно-исследовательские работы в соответствии с техническим заданием в составе научного коллектива по отдельным разделам темы | Тема 1. Методологические основы эксперимента. Способы обобщения результатов исследования. Выявление формы чисел подобия из математической формулировки задачи. Метод аналогий.                                                                                                                                      | 7                               |
|       |                            |                                                                                                                                                   | Тема 2. Измерение физических величин: прямые, не прямые, совокупные и совместные измерения. Погрешности результатов исследования.                                                                                                                                                                                   | 7                               |
|       |                            |                                                                                                                                                   | Тема 3. Измерение давления и вакуума. Основные способы и средства измерения давления и вакуума.                                                                                                                                                                                                                     | 7                               |
|       |                            |                                                                                                                                                   | Тема 4. Измерение параметров потока в аэродинамических трубах. Связь между параметрами, характеризующими движущийся поток и параметрами торможения того же потока. Связь между параметрами потока до и после скачков уплотнения                                                                                     | 7                               |
|       |                            |                                                                                                                                                   | Тема 5. Измерение статического и полного давления в потоке газа. Измерение статического давления. Насадки для измерения статического давления. Измерение полного давления в потоке газа. Насадки для измерения полного давления. Измерение полного давления в потоке газа с большим поперечным градиентом скорости. | 7                               |
|       |                            |                                                                                                                                                   | Тема 6. Измерение числа Маха и скорости потока. Способы измерения скорости потоков газа. Измерение скорости несжимаемой среды. Комбинированные насадки. Измерение режимной скорости в аэродинамической трубе малых скоростей. Измерение больших дозвуковых скоростей. Измерение сверхзвуковых                       | 7                               |

|  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |   |
|--|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|  |  |  | <p>скоростей. Измерение скорости потока термоанемометром. Измерения в пограничном слое</p>                                                                                                                                                                                                                                       |   |
|  |  |  | <p>Тема 7. Измерение направления потока. Трубчатые угломерные насадки. Цилиндрические насадки. Шаровой насадок. Насадок с полусферической головкой. Клиновые и конические насадки. Измерение направления потока термоанемометром</p>                                                                                             | 7 |
|  |  |  | <p>Тема 8. Измерение температуры. Общие положения. Основные способы измерения температуры. Температурные шкалы. Средства измерения температуры контактным способом. Измерение температуры потока. Датчики для измерения температуры торможения.</p>                                                                              | 7 |
|  |  |  | <p>Тема 9. Измерение расхода и количества жидкостей и газов. Общие сведения. Основы теории измерения расхода по перепаду давления в сужающих устройствах. Методика расчёта сужающих устройств. Методика использования сужающих устройств. Расходомеры постоянного перепада давления. Ротаметры. Тахометрические расходомеры.</p> | 7 |

**Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал  
оценивания**

| №<br>п/п | Код<br>компетенции                                                                                                                                                                                              | Индикаторы<br>достижений<br>компетенции                                           | Планируемые<br>результаты обучения по<br>дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Контролируемые<br>темы учебной<br>дисциплины                                                    | Наименование<br>оценочного<br>средства                                                                                                               |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.       | ПК-1.<br>Способен<br>выполнять<br>научно-<br>исследова-<br>тельские<br>работы в<br>соответств<br>ии с<br>технически<br>м заданием<br>в составе<br>научного<br>коллектива<br>по<br>отдельным<br>разделам<br>темы | ПК-1.1. Знать<br>стандартные<br>алгоритмы для<br>решения<br>поставленных<br>задач | <b>Знать:</b> основы теории<br>измерения параметров<br>поток, конструкции<br>насадок и их<br>характеристики.<br><b>Уметь:</b> осуществить<br>выбор способа<br>измерения параметров<br>поток, подобрать<br>соответствующие<br>данным условиям<br>измерения насадки.<br><b>Владеть:</b> методами<br>осуществления<br>процедуры измерения<br>параметров поток. | Тема 1.<br>Тема 2.<br>Тема 3.<br>Тема 4.<br>Тема 5.<br>Тема 6.<br>Тема 7.<br>Тема 8.<br>Тема 9. | Вопросы для<br>комбинирова<br>нного<br>контроля<br>усвоения<br>теоретическо<br>го материала,<br>задания по<br>практическим<br>занятиям,<br>рефераты, |

**Вопросы для комбинированного контроля усвоения  
теоретического материала (устно или письменно):**

1. Место эксперимента в процессе изучения гидроаэродинамических явлений.
2. Дать определение прямым, косвенным, совокупным и совместным измерениям физических величин.
3. Причины возникновения погрешностей при измерениях, виды погрешностей.
4. Способы измерения давления и вакуума.
5. Способы измерения статического давления в потоке газа.
6. Способы измерения полного давления в потоке газа.
7. Способы измерения скорости несжимаемой жидкости.
8. Конструкции комбинированных насадок для измерения скорости несжимаемой жидкости.
9. Как измеряется число Маха и скорость потока газа?
10. Насадки для измерения направления потока.
11. Способы измерения скорости сверхзвуковых потоков.

- 12.Измерение температуры. Температурные шкалы.
- 13.Средства измерения температуры.
- 14.Способы измерения температуры потока газа.
- 15.Конструкции датчиков для измерения температуры газовых потоков.
- 16.Способы измерения расхода и количества жидкостей и газов. Типы измерительных устройств.
- 17.Гидродинамические основы измерения расхода по перепаду давления в сужающем устройстве.
- 18.На чём основан принцип работы расходомера постоянного перепада давления?
- 19.Принцип действия тахометрических расходомеров.
- 20.Принцип действия ультразвуковых расходомеров.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству –  
*комбинированный контроль усвоения теоретического материала*

| Шкала оценивания<br>(интервал баллов) | Критерий оценивания                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5                                     | Ответ дан на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.) |
| 4                                     | Ответ дан на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)                                    |
| 3                                     | Ответ дан на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)                       |
| 2                                     | Ответ дан на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)                                                                                            |

#### **Задания по практическим занятиям:**

1. Определение погрешностей косвенных измерений.
2. Расчёт скорости потока по результатам измерения сферическим зондом.
3. Определение скорости сверхзвукового потока по результатам измерения пневмометрическими приёмниками.
4. Расчёт сужающего устройства для измерения расхода жидкости.
5. Определение погрешности измерения расхода жидкости с помощью сужающего устройства.
6. Расчёт сужающего устройства для измерения расхода газа.
7. Определение погрешности измерения расхода газа с помощью сужающего устройства.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству –  
*задания по практическим занятиям*

| Шкала оценивания<br>(интервал баллов) | Критерий оценивания                                                                                                          |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5                                     | Задание выполнено на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу |

|   |                                                                                                                                                                                         |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)                                                                                                        |
| 4 | Задание выполнено на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)              |
| 3 | Задание выполнено на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.) |
| 2 | Задание выполнено на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)                                                                      |

### Темы рефератов:

Тема 1. Методологические основы эксперимента.

Тема 2. Измерение физических величин: прямые, непрямые, совокупные и совместные измерения.

Тема 3. Основные элементы теории погрешностей.

Тема 4. Измерение давления и вакуума. Основные способы измерения давления и вакуума.

Тема 5. Измерение статического давления в потоке газа.

Тема 6. Измерение полного давления в потоке газа.

Тема 7. Измерение скорости несжимаемой жидкости. Комбинированные насадки.

Тема 8. Измерение числа Маха и скорости потока газа.

Тема 9. Измерение направления потока.

Тема 10. Измерение температуры. Температурные шкалы. Средства измерения температуры.

Тема 11. Измерение температуры потока газа.

Тема 12. Измерение расхода и количества жидкостей и газов. Общие положения. Типы измерительных устройств.

Тема 13. Измерение расхода по перепаду давления в сужающем устройстве.

Тема 14. Расходомеры постоянного перепада давления.

Тема 15. Тахометрические расходомеры.

Тема 16. Ультразвуковые расходомеры.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – *реферат*

| Шкала оценивания<br>(интервал баллов) | Критерий оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5                                     | Реферат представлен на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.). Оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному виду работ. |
| 4                                     | Реферат представлен на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.). В оформлении допущены некоторые неточности в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному виду работ.  |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | Реферат представлен на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.). В оформлении допущены ошибки в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному виду работ. |
| 2 | Реферат представлен на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)                                                                                                                                                                        |

**Критерии и шкала оценивания к промежуточной аттестации «зачет»**

| Характеристика знания предмета и ответов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Зачеты     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. | зачтено    |
| Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.                                      |            |
| Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.                                    |            |
| Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы                            | не зачтено |

### Лист изменений и дополнений

| №<br>п/п | Виды дополнений и<br>изменений с указанием<br>страниц | Дата и номер протокола<br>заседания кафедры<br>(кафедр), на котором были<br>рассмотрены и одобрены<br>изменения и дополнения | Подпись<br>(с расшифровкой)<br>заведующего кафедрой<br>(заведующих кафедрами) |
|----------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 1.       |                                                       |                                                                                                                              |                                                                               |
| 2.       |                                                       |                                                                                                                              |                                                                               |
| 3.       |                                                       |                                                                                                                              |                                                                               |
| 4.       |                                                       |                                                                                                                              |                                                                               |