

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»

Радиофизический  
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
решением ученого совета ННГУ  
протокол от  
«31» мая 2023 г. № 6

**Рабочая программа дисциплины**

Спецлаборатории по акустике  
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования  
Магистратура  
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность  
03.04.03 Радиофизика  
(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы  
Акустика  
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения  
Очная  
(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2023 год

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.В.07 " Спецлаборатории по акустике " относится к части ООП направления подготовки 03.04.03 Радиофизика, формируемой участниками образовательных отношений.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)                        | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции |   | Наименование оценочного средства                    |
|--|---|---|---|
|  | Индикатор достижения компетенции<br>(код, содержание индикатора)  | Результаты обучения по дисциплине   |   |
| <i>УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</i> | УК-2.1. Понимает структуру жизненного цикла проекта.  | <i>Знать:</i> основы управления проектом на всех этапах его жизненного цикла на примере лабораторного эксперимента.<br><br><i>Уметь:</i> использовать структуру жизненного цикла проекта для проведения лабораторного акустического эксперимента<br><br><i>Владеть:</i> навыками разработки всех этапов лабораторного эксперимента. | <i>Собеседование, задача (практическое задание)</i> |
|  | УК-2.2. Организует жизненный цикл проекта в соответствии с его спецификой.                                  | <i>Знать:</i> методы подготовки, проведения, обработки результатов и написания отчета для лабораторного эксперимента.<br><br><i>Уметь:</i> организовать проведение лабораторного акустического эксперимента в коллективе<br><br><i>Владеть:</i> навыками организации всех этапов лабораторного эксперимента.                        | <i>Собеседование, задача (практическое задание)</i> |

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| <p><b>ПК-1:</b></p> <p><i>Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области физики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности</i></p>   | <p><b>ПК-1.1.</b> Применяет принципы сбора и анализа информации, рассматривает и оценивает современные научные достижения, а также генерирует новые идеи при решении исследовательских и практических задач.</p>  | <p><i>Знать</i> основы фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимыми для проведения лабораторного акустического эксперимента.</p> <p><i>Уметь</i> свободно ориентироваться в фундаментальных аспектах физики и радиофизики, необходимыми для проведения лабораторного акустического эксперимента.</p> <p><i>Владеть</i> базовыми навыками оценки современных научных достижений, а также генерации новые идеи при решении исследовательских и практических задач в ходе проведения лабораторного акустического эксперимента.</p> | <p><i>Собеседование, задача (практическое задание)</i></p> |
| <p><b>ПК-2:</b></p> <p><i>Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области физики и радиофизики и оформлять их результаты</i></p> | <p><b>ПК-2.1.</b> Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов.</p> | <p><i>Знать</i> современное состояние исследований в области акустики и радиофизики для проведения лабораторного акустического эксперимента.</p> <p><i>Уметь</i> использовать знания о современном состоянии исследований в области акустики и радиофизики для моделирования различных физических явлений.</p> <p><i>Владеть</i> навыками оценки полученных в ходе проведения лабораторных исследований оригинальных результатов.</p>  | <p><i>Собеседование, задача (практическое задание)</i></p> |
|   | <p><b>ПК-2.2.</b> Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи.</p>  | <p><i>Знать</i> экспериментальные методы исследования в области гидродинамики и акустики.</p> <p><i>Уметь</i> самостоятельно ставить задачи и выбирать экспериментальные методы их решения в области гидродинамики и акустики.</p> <p><i>Владеть</i> экспериментальными методами исследований в области акустики и радиофизики.</p>  | <p><i>Собеседование, задача (практическое задание)</i></p> |

|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| <p><b>ПК-3</b></p> <p><i>. Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок</i></p> | <p><b>ПК-3.1.</b> Использует знание нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР, применяет заданные требования и правила при оформлении рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.</p> | <p><i>Знать: требования и правила представлений результатов экспериментальных исследований.</i></p> <p><i>Уметь: составлять отчет по результатам лабораторных исследований, включая все необходимые части документации.</i></p> <p><i>Владеть: навыками представления результатов экспериментальных исследований согласно нормативным документам.</i></p>                       |  |
|  | <p><b>ПК-3.2.</b> Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу.</p>   | <p><i>Знать способы представления результатов экспериментальных научных исследований.</i></p> <p><i>Уметь самостоятельно изложить полученные экспериментальные результаты на языке, понятном академическому или бизнес-сообществу.</i></p> <p><i>Владеть опытом наглядного представления результатов экспериментальных исследований в области акустики и гидродинамики.</i></p> |  |

### 3. Структура и содержание дисциплины «Спецлаборатории по акустике»

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
|   | <b>очная форма<br/>обучения</b> |
| <b>Общая трудоемкость</b>   | <b>2 ЗЕТ</b>                    |
| <b>Часов по учебному плану</b>  | <b>72</b>                       |
| <b>в том числе</b>  |                                 |
| <b>аудиторные занятия (контактная<br/>работа):</b><br><b>- занятия лабораторного типа</b> | <b>32</b>                       |
| <b>самостоятельная работа</b>   | <b>39</b>                       |
| <b>КСР</b>  | <b>1</b>                        |
| <b>Промежуточная аттестация –<br/>зачет</b>   |                                 |

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины,<br><br>форма промежуточной аттестации по дисциплине | Всего (часы) | В том числе  |                           |                            |       |   |
|--|--------------|--|---------------------------|----------------------------|-------|---|
|  |              | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них |                           |                            |       | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
|  |              | Занятия лекционного типа   | Занятия семинарского типа | Занятия лабораторного типа | Всего |   |
| Обтекание воздушным потоком кругового цилиндра   | 35           |  |                           | 16                         | 16    | 19  |
| Обтекание воздушным потоком профиля крыла  | 36           |  |                           | 16                         | 16    | 20  |
| В т.ч. текущий контроль  | 1            |  |                           |                            | 1     | -   |
| Промежуточная аттестация – <b>зачет</b>  |              |  |                           |                            |       |   |

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает: решение практических заданий и задач.

На проведение практических занятий (лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 32 часа.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:

- изучение, анализ научно-технической информации, обобщение отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;
- аналитическое и численное исследование физических явлений и процессов радиофизическими методами;
- разработка новых комплексов программ по численному моделированию объектов различной физической природы;
- планирование и проведение экспериментов с применением современных методов и измерительной аппаратуры (акустической, радиоэлектронной, оптоэлектронной);
- формулировка новых задач, возникающих в ходе научных исследований;
- совершенствование известных и разработка новых методов исследований;
- анализ получаемых результатов и, при необходимости, корректировка направлений исследований;
- подготовка и оформление научных статей;
- составление отчетов и докладов о научно-исследовательской работе;
- участие в научных конференциях, в том числе международных
- руководство научной работой обучающихся

- компетенций – УК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультаций.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает следующие виды:

- разбор материала семинарских занятий,
- изучение дополнительных разделов дисциплины с использованием учебной литературы,
- обработка результатов лабораторных работ и составление отчетов .

Примеры контрольных заданий:

1. Метод физического моделирования как важный экспериментальный метод исследования в акустике и гидродинамике.
2. Критерии гидродинамического подобия.
3. Принцип обратимости явлений обтекания.
4. Экспериментальные методы определения параметров гидро и аэродинамических потоков.
5. Основные уравнения гидродинамики.
6. Обтекание плоским воздушным потоком цилиндрических тел.
7. Описание потенциальных течений с помощью комплексного потенциала.
8. Распределение скорости и давления по поверхности обтекаемого цилиндра.
9. Коэффициент давления.
10. Подъемная сила. Формула Жуковского.
11. Обтекание крыла потоком несжимаемой жидкости.
12. Точка полного торможения потока.
13. Экспериментальные методы аэродинамических исследований.
14. Аэростенд ТМЖ-1М.
15. Микроманометр многодиапазонный с наклонной трубкой.
16. Приемники статического и полного давления.
17. Лабораторная установка для изучения закономерностей обтекания воздушным потоком цилиндра.
18. Лабораторная установка для изучения закономерностей обтекания воздушным потоком крыла.

## 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

включающий:

### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

| Уровень сформированности и компетенций (индикатора достижения компетенций) | Шкала оценивания сформированности компетенций |                     |                   |        |              |         |             |
|--|---|---------------------|-------------------|--------|--------------|---------|-------------|
|  | плохо   | неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | очень хорошо | отлично | превосходно |
|  | не зачтено                                    |                     | зачтено           |        |              |         |             |

|               |  |  |  |   |  |   |   |
|---------------|--|--|--|---|--|---|---|
| <u>Знания</u> | Отсутствие знаний теоретического материала.<br><br>Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | Уровень знаний ниже минимальных требований.<br>Имели место грубые ошибки.                              | Минимально допустимый уровень знаний.<br>Допущено много негрубых ошибок.   | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.<br>Допущено несколько негрубых ошибок  | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки . Допущено несколько несущественных ошибок                                       | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.  | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки .   |
| <u>Умения</u> | Отсутствие минимальных умений .<br><br>Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа             | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.<br><br>Имели место грубые ошибки. | Продемонстрированы основные умения.<br>Решены типовые задачи с негрубыми ошибками.<br>Выполнены все задания но не в полном объеме. | Продемонстрированы все основные умения.<br>Решены все основные задачи с негрубыми ошибками.<br>Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продемонстрированы все основные умения.<br>Решены все основные задачи .<br>Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами . | Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. | Продемонстрированы все основные умения,.<br>Решены все основные задачи.<br>Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <u>Навыки</u> | Отсутствие владения материалом .<br><br>Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа           | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.<br><br>Имели место грубые ошибки.  | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами   | Продемонстрированы базовые навыки<br><br>при решении стандартных задач с некоторыми недочетами  | Продемонстрированы базовые навыки<br><br>при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.   | Продемонстрированы навыки<br><br>при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.  | Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач   |



### Шкала оценки при промежуточной аттестации

| Оценка            |                            | Уровень подготовки  |
|-------------------|----------------------------|---|
|                   | <b>превосходно</b>         | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой |
| <b>зачтено</b>    | <b>отлично</b>             | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»  |
|                   | <b>очень хорошо</b>        | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»  |
|                   | <b>хорошо</b>              | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»  |
|                   | <b>удовлетворительно</b>   | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»                                      |
| <b>не зачтено</b> | <b>неудовлетворительно</b> | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»   |
|                   | <b>плохо</b>               | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»   |

**5.2.** Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

**5.2.1 Контрольные вопросы**

| Вопрос   | Код компетенции<br>(согласно РПД) |
|--|-----------------------------------|
| 1. Метод физического моделирования как важный экспериментальный метод исследования в акустике и гидродинамике.                           | ПК-1                              |
| 2. Критерии гидродинамического подобия.  | ПК-1                              |
| 3. Принцип обратимости явлений обтекания.  | ПК-1                              |
| 4. Экспериментальные методы определения параметров гидро и аэродинамических потоков.   | ПК-1                              |
| 5. Основные уравнения гидродинамики.   | ПК-1                              |
| 6. Обтекание плоским воздушным потоком цилиндрических тел.   | ПК-1                              |
| 7. Описание потенциальных течений с помощью комплексного потенциала.   | ПК-1                              |
| 8. Распределение давления по поверхности цилиндра, обтекаемого однородным плоским потоком идеальной несжимаемой жидкости.                | ПК-1                              |
| 9. Поле скоростей в окрестности цилиндра при обтекании его плоским потоком идеальной жидкости.   | ПК-1                              |
| 10. Влияние циркуляции на характер распределения давления на поверхности жесткого цилиндра при его ламинарном обтекании плоским потоком. | ПК-2                              |
| 11. Коэффициент давления.  | ПК-2                              |
| 12. Подъемная сила. Формула Жуковского.  | ПК-2                              |
| 13. Обтекание крыла потоком несжимаемой жидкости.  | ПК-2                              |
| 14. Точка полного торможения потока.   | ПК-2                              |
| 15. Экспериментальные методы аэродинамических исследований.  | ПК-2                              |
| 16. Описание основных узлов и принципов работы Аэростенда ТМЖ-1М.  | ПК-2                              |
| 17. Описание лабораторной установки для изучения закономерностей обтекания воздушным потоком цилиндра.                                   | УК-2                              |
| 18. Описание лабораторной установки для изучения закономерностей обтекания воздушным потоком крыла.                                      | УК-2                              |
| 19. Описание принципа работы микроманометра  | ПК-2                              |

|   |      |
|---|------|
| многодиапазонного с наклонной трубкой.  |      |
| 20. Сравнение принципов работы приемников статического и полного давления.  | ПК-2 |
| 21. Составление отчета по лабораторной работе «Исследование закономерностей обтекания плоским воздушным потоком цилиндрических тел» | ПК-3 |
| 22. Составление отчета по лабораторной работе «Обтекание воздушным потоком кругового цилиндра»                                      | ПК-3 |

#### **5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции УК-2**

1. Составить план проведения лабораторного эксперимента «ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ОБТЕКАНИЯ ПЛОСКИМ ВОЗДУШНЫМ ПОТОКОМ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ТЕЛ»
2. Составить план проведения лабораторного эксперимента «ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ОБТЕКАНИЯ ПЛОСКИМ ВОЗДУШНЫМ ПОТОКОМ ПРОФИЛЯ КРЫЛА»

#### **5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-1**

1. Получить аналитическое решение для обтекания цилиндрических тел с помощью комплексного потенциала.
2. Обосновать влияние циркуляции скорости на возникновение подъемной силы.

#### **5.2.4. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-2**

1. Провести измерение распределения давления по поверхности цилиндра при обтекании его плоским потоком при трех различных значениях скоростей набегающего потока.
2. Исследовать зависимость разности давлений при углах  $0^\circ$  и  $180^\circ$  от скорости набегающего потока.
3. В полярных координатах построить диаграмму распределения давления в зависимости от угла между направлением на точку наблюдения и вектором скорости набегающего потока.
4. Провести измерение распределения давления по поверхности крылового профиля при различных углах атаки, включая нулевой угол и двух углов в диапазоне от  $3^\circ$  до  $6^\circ$  и от  $15^\circ$  до  $20^\circ$  градусов.
5. По полученным экспериментальным результатам построить диаграмму распределения давления по поверхности крыла.
6. Провести оценку подъемной силы крыла и её зависимости от угла атаки.

#### **5.2.5. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-3**

1. Сопоставить результаты лабораторного эксперимента с теорией.
2. Составить отчет по результатам экспериментальной работы «ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ОБТЕКАНИЯ ПЛОСКИМ ВОЗДУШНЫМ ПОТОКОМ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ТЕЛ»

3. Составить отчет по результатам экспериментальной работы «ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ОБТЕКАНИЯ ПЛОСКИМ ВОЗДУШНЫМ ПОТОКОМ ПРОФИЛЯ КРЫЛА»

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

а) основная литература:

1. Грязнова И.Ю., Мартянов А.И. "ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ОБТЕКАНИЯ ЦИЛИНДРА И КРЫЛА ВОЗДУШНЫМ ПОТОКОМ НА АЭРОСТЕНДЕ ТМЖ-1М". Электронное учебно-методическое пособие. 2012. 60 с. Фонд образовательных электронных изданий ННГУ <http://www.unn.ru/books/resources.html>
2. Курин В.В., Грязнова И.Ю., Клемина А.В., Мартянов А.И. УМК "ОСНОВЫ МЕХАНИКИ СПЛОШНЫХ СРЕД". 2011. 88 с. Фонд образовательных электронных изданий ННГУ <http://www.unn.ru/books/resources.html>

б) дополнительная литература:

1. Гурбатов С.Н. Лекции по механике сплошных сред . Н.Новгород: Изд-во ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2023. – 137 с.
2. Гурбатов С.Н., Грязнова И.Ю., Демин И.Ю., Курин В.В., Прончатов-Рубцов Н.В. Сборник задач по механике сплошных сред: гидромеханика и акустика (учебное пособие) Изд-во ННГУ, Н.Новгород, 2006. - 92 с.

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

Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения занятий лабораторного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления информации аудитории, компьютерным оборудованием.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 03.04.03 Радиофизика (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования РФ 07.08.2020 № 918).

Автор: к.ф.-м.н., доцент Грязнова И.Ю.

Рецензент: к.ф.-м.н., доцент Болховская О.В.

Заведующий кафедрой: д.ф.-м.н., проф. Гурбатов С.Н.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.