

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

радиофизический
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
президиумом Ученого совета ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 г. № 6

**Рабочая программа дисциплины
Автоматизация измерений в акустическом эксперименте**

Уровень высшего образования
магистратура

Направление подготовки / специальность
02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»

Направленность образовательной программы
Автоматизация научных исследований

Квалификация (степень)
магистр

Форма обучения
очная

1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Автоматизация измерений в акустическом эксперименте» относится к обязательным дисциплинам вариативной части основной образовательной программы по направлению **02.04.02 – Фундаментальная информатика и информационные технологии**, направленность программы "Автоматизация научных исследований", является обязательной дисциплиной на 2 курсе (в 3 семестре) магистратуры.

Целями освоения дисциплины являются:

- ознакомление студентов с основными методами акустических измерений,
- ознакомление студентов с принципами работы современного измерительного акустического оборудования и формирование практических навыков работы на данном оборудовании,
- ознакомление студентов с основными методами автоматизации акустических экспериментов,
- формирование у студентов практических навыков по созданию автоматизированных экспериментальных установок для проведения акустических измерений в различных средах (жидких средах, газообразных средах и твердых телах),
- формирование у студентов практических навыков, по обработке данных полученных при акустических экспериментах.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<i>ПК-1:</i> способность руководить научными исследованиями и опытно-конструкторскими разработками, в области информатики и информационных технологий (ФИИТ), и формировать их новые направления в области профессиональной деятельности	<i>31 (ПК-1) Знать основные методы обработки данных при акустических измерениях</i> <i>У1 (ПК-1) Уметь проводить эксперименты и осуществлять обработку данных в области акустики с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта</i>

3. Структура и содержание дисциплины «Автоматизация измерений в акустическом эксперименте»

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 34 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятия лекционного типа, в том числе 2 часа - мероприятия текущего контроля успеваемости, 2 часа - мероприятия промежуточной аттестации), 74 часа составляет самостоятельная работа обучающегося, в том числе 45 часов отводится на подготовку к экзамену.

Содержание дисциплины (модуля)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),	Всего (часы)	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них	Самостоятельная работа обучающегося

форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)				Занятия лекционного типа			Занятия семинарского типа			Занятия лабораторного типа			Консультации			Всего		
	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная
Общие вопросы акустических измерений	9			4												4		5
Анализ сигналов, получаемых в акустических экспериментах	9			4												4		5
Применение спектрального анализа в акустических измерениях	11			6												6		5
Временная и частотная фильтрация в акустических измерениях	13			8												8		5
Применение синхронного детектирования в акустических измерениях	11			6												6		5
Применение программной среды MATLAB для обработки экспериментальных данных, полученных в акустических экспериментах	8			4												4		4
В т.ч. текущий контроль	2						2									2		
Промежуточная аттестация - экзамен																		

4. Образовательные технологии

Основными видами образовательных технологий курса «Автоматизация измерений в акустическом эксперименте» являются лекции с применением технологий интерактивного обучения (презентаций), занятия с использованием современного акустического измерительного оборудования, и самостоятельная работа студента.

Учебный процесс в аудитории осуществляется в форме лекционных занятий с применением технологий интерактивного обучения (презентаций).

Образовательные технологии, способствующие формированию компетенций используемые на занятиях лекционного типа:

- лекции-беседы с использованием мультимедийных средств поддержки образовательного процесса;
- занятия с акустическим оборудованием;
- лекции с проблемным изложением учебного материала.

Формой итогового контроля знаний студентов по дисциплине является экзамен, в ходе которого оценивается уровень теоретических знаний и практических навыков по дисциплине. Для активизации познавательного процесса слушателям даются задания по самостоятельной

компьютерной обработке экспериментальных данных. Основной акцент воспитательной работы делается на добросовестном, профессиональном выполнении всех учебных заданий.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Используются виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях), компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе проведения лекционных занятий и в конце курса при проведении зачета по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники, а также конспекты лекций.

Список контрольных вопросов для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

1. Основные единицы физических величин, используемых в акустических измерениях.
2. Настройка приемного акустического оборудования.
3. Особенности спектрального анализа при обработке экспериментальных данных в акустическом эксперименте.
4. Методы выделения акустических сигналов при наличии помех.
5. Спектральные характеристики шумовых акустических сигналов.
6. Применение оконного Фурье преобразование при обработке экспериментальных данных, полученных в акустических измерениях.
7. Применение аналоговых и цифровых фильтров в акустическом эксперименте.
8. Применение синхронного детектирования в акустических экспериментах.
9. Применение спектральных анализаторов при акустических измерениях.
10. Принцип работы автоматизированных комплексов акустических измерений.
11. Основные команды программной среды MATLAB применяемые для обработки экспериментальных данных.
12. Основные характеристики современного цифрового акустического оборудования.
13. Применение корреляционного анализа при обработке экспериментальных данных.
14. Алгоритмы работы измерителей скорости звука.
15. Автоматизированные с системы измерений электрических характеристик акустических преобразователей.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

ПК-1: способность руководить научными исследованиями и опытно-конструкторскими разработками, в области информатики и информационных технологий (ФИИТ), и формировать их новые направления в области профессиональной деятельности

ПУНКТ ШКАЛЫ	ОЦЕНКА	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНКИ	КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СОСТАВЛЯЮЩИХ КОМПЕТЕНЦИИ			
			оценка полноты знаний	оценка сформированности умений и навыков	оценка развития способностей	оценка мотивационной готовности к деятельности
1	1	плохо	Полное отсутствие знаний по предмету	Не демонстрирует умений, требуется обучение с начального уровня	Уровень развития способности недостаточный для решения поставленных задач и выполнения соответствующих заданий, специальная работа по развитию способностей	Учебная активность и мотивация отсутствуют
2	2	неудовлетворительн о	Уровень знаний ниже	Имеющихся умений не достаточно для решения	Уровень развития способности значительно	Учебная активность и мотивация слабо

			минимальных требований	поставленных задач и выполнения соответствующих заданий, требуется дополнительное обучение	ниже среднего по группе (значительно ниже ожидаемого), требуется повторное специальное обучение	выражены, готовность решать поставленные задачи качественно отсутствует
3	3	удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний	Сформированные умения позволяют решать минимальный набор задач и выполнять большинство, но не все, важные задания, требуется дополнительная практика	Уровень развития способности незначительно ниже среднего по группе (незначительно ниже ожидаемого), требуется, достаточный для решения поставленных задач и выполнения соответствующих заданий, однако есть недочеты и требуется дополнительная работа по развитию способностей	Учебная активность и мотивация низкие, демонстрируется готовность выполнять большинство поставленных задач на минимальном уровне качества
4	4	хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, при изложении допущено несколько существенных ошибок	Имеющиеся умения в целом позволяют решать поставленные задачи и выполнять требуемые задания, однако имеют место существенные недочеты, требуется дополнительная практика	Средний уровень развития способности относительно группы (развитие способности соответствует ожидаемому), достаточный для решения поставленных задач и выполнения соответствующих заданий	Учебная активность и мотивация проявляются на среднем уровне, демонстрируется готовность выполнять большинство поставленных задач на среднем уровне качества
5	4,5	очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, при изложении допущены 1-2 существенные ошибки	Имеющиеся умения в целом позволяют решать поставленные задачи и выполнять требуемые задания, навыки сформировались, однако имеют место небольшие недочеты, требуется дополнительная практика	Уровень развития способности немного выше среднего по группе (немного выше ожидаемого), что позволяет решать поставленные задачи и выполнять соответствующие задания немного продуктивнее и эффективнее, чем это делают большинство обучающихся	Учебная активность и мотивация проявляются на уровне выше среднего, демонстрируется готовность выполнять большинство поставленных задач на высоком уровне качества
6	5	отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, при изложении допущены несущественные ошибки	Сформирование умения и навыки в полной мере позволяют решать поставленные задачи и выполнять требуемые задания, опыт достаточный, дополнительная практика не требуется	Уровень развития способности значительно выше среднего по группе (значительно выше ожидаемого), что позволяет решать поставленные задачи и выполнять соответствующие задания значительно продуктивнее и эффективнее, чем это делают большинство обучающихся	Учебная активность и мотивация проявляются на высоком уровне, демонстрируется готовность выполнять все поставленные задачи на высоком уровне качества
7	5,5	превосходно	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, или превышающем её, при изложении нет ошибок	Исключительные умения и навыки, большой практический опыт	Очень высокий уровень развития способности, что позволяет решать поставленные задачи и выполнять соответствующие задания максимально продуктивно и эффективно	Учебная активность и мотивация проявляются на очень высоком уровне, демонстрируется готовность выполнять дополнительные задачи на высоком уровне качества

6.2. Описание шкал оценивания

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде экзамена, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала
- уровень владения навыками работы с акустическим оборудованием;
- уровень владения навыками компьютерной обработки экспериментальных данных;
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Экзамен проводится в устной форме и в форме лабораторного занятия. Устная часть экзамена заключается в ответе студентом на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ. Практическая лабораторная часть экзамена предусматривает выполнение практического задания связанного с компьютерной обработкой экспериментальных данных.

Оценка	Уровень подготовки
Превосходно	Высокий уровень подготовки, безупречное владение материалом курса, студент демонстрирует творческий подход к решению нестандартных ситуаций. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета. Студент полностью выполнил практическое лабораторное задание. 100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных задание.
Отлично	Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета. Студент полностью выполнил практическое лабораторное задание. Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше.
Очень хорошо	Хорошая подготовка. Студент дает ответ на все теоретические вопросы билета, но имеются неточности в определениях понятий, процессов и т.п. Студент выполнил практическое лабораторное задание с незначительными ошибками. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%.
Хорошо	В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дает полный ответ на все теоретические вопросы билета, но имеются неточности в определениях понятий, процессов и т.п. Допускаются ошибки при ответах на дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора. Студент выполнил практическое лабораторное задание с незначительными ошибками. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%.
Удовлетворительно	Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний, делает существенные ошибки. Студент самостоятельно не выполнил лабораторное практическое задание. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%.
Неудовлетворительно	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора. Студент самостоятельно не выполнил лабораторное практическое задание. Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%.
Плохо	Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы. Студент самостоятельно не выполнил лабораторное практическое задание. Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используется индивидуальное собеседование.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются практические лабораторные задания.

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- письменные и устные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- практические лабораторные задания.

Для проведения итогового контроля сформированности компетенции используется

- устное собеседование.

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

Теоретические вопросы

ПК-1

1. Основные акустические параметры, измеряемые в экспериментах.
2. Проведение акустических измерений на открытом воздухе. Обработка полученных экспериментальных данных при этих измерениях.
3. Устройство измерительных гидроакустических бассейнов.
4. Основные характеристики акустических сигналов.
5. Учет дифракционных явлений при проведении акустических измерений и обработке экспериментальных данных.
6. Характеристика направленности. Методы измерений и способы обработки полученных данных.
7. Параметрические излучатели и приемники ультразвуковых колебаний.
8. Измерительные трубы. Акустическое оборудование, применяемое при проведении измерений в измерительных трубах.
9. Спектральные характеристики основных видов акустических сигналов.
10. Особенности быстрого преобразования Фурье при обработке экспериментальных данных.
11. Использование временного стробирования при обработке экспериментальных данных.
12. Использование оконного преобразования Фурье при обработке экспериментальных данных.
13. Интерферометрические методы определения скорости звука. Пример алгоритма работы измерителя скорости звука основанного на интерферометрическом методе.
14. Импульсные методы определения скорости звука. Пример алгоритма работы измерителя скорости звука основанного на импульсном методе.
15. Резонансные методы измерения коэффициента поглощения. Пример алгоритма работы измерителя коэффициента поглощения звука основанного на резонансном методе.
16. Импульсные методы измерения коэффициента поглощения. Пример алгоритма работы измерителя коэффициента поглощения звука основанного на импульсном методе.
17. Учет дифракции при измерении скорости звука.
18. Измерение времени реверберации. Акустическое оборудование, применяемое при проведении измерений времени реверберации.
19. Измерение коэффициента отражения.
20. Измерение вибрации твердых тел. Акустическое оборудование, применяемое при

проведении измерений вибрации.

21. Дифракционные постоянные приемников и излучателей звука.

22. Принцип взаимности.

23. Фокусирующие излучатели звука.

24. Характеристики чувствительности приемного акустического оборудования.

25. Акустические эксперименты в интенсивных акустических полях. Особенности обработки данных.

Типовые контрольные практические лабораторные задания

ПК-1

1. Провести обработку данных полученных при акустических измерениях шумового сигнала в воздухе, используя программный пакет (по выбору студента) на персональном компьютере. Результаты обработки представить в виде осциллограмм и спектральных характеристик сигналов.
2. Провести обработку данных полученных при акустических измерениях импульсного сигнала в воздухе, используя программный пакет (по выбору студента) на персональном компьютере. Результаты обработки представить в виде осциллограмм и спектральных характеристик сигналов.
3. Провести обработку данных полученных при акустических измерениях мультисигнального сигнала в воздухе, используя программный пакет (по выбору студента) на персональном компьютере. Результаты обработки представить в виде осциллограмм и спектральных характеристик сигналов.
4. Провести обработку данных полученных при акустических измерениях времени реверберации в помещении лаборатории, используя программный пакет (по выбору студента) на персональном компьютере. Результаты обработки представить в виде осциллограмм и спектральных характеристик сигналов. Из результатов обработки оценить значение времени реверберации.
5. Провести обработку данных полученных при акустических измерениях по обнаружению слабого акустического сигнала на фоне шума, используя программный пакет (по выбору студента) на персональном компьютере. Для выделения слабого сигнала применить при обработке оптимальный электронный фильтр, учитывая, что искомый слабый сигнал имеет несущую частоту выше 25 кГц.
6. Провести обработку данных полученных при акустических измерениях по обнаружению слабого акустического сигнала на фоне шума, используя программный пакет (по выбору студента) на персональном компьютере. Для выделения слабого сигнала применить при обработке оптимальный электронный фильтр, учитывая, что искомый слабый сигнал расположен в диапазоне частот от 4 до 7 кГц.
7. Провести обработку данных полученных при акустических измерениях по обнаружению слабого акустического сигнала на фоне шума, используя программный пакет (по выбору студента) на персональном компьютере. Для выделения слабого сигнала применить при обработке оптимальный электронный фильтр, учитывая, что искомый слабый сигнал расположен в диапазоне частот от 5 до 2 кГц.
8. Провести обработку данных полученных при акустических измерениях по обнаружению слабого акустического сигнала на фоне шума, используя программный пакет (по выбору студента) на персональном компьютере. Для выделения слабого сигнала применить временную фильтрацию, зная, что время прихода искомого сигнала соответствует интервалу времени от 20 до 30 мс.
9. Провести обработку данных полученных при акустических измерениях характеристики направленности микрофона, используя программный пакет (по выбору студента) на персональном компьютере. Результаты обработки представить в виде осциллограмм и графика характеристики направленности.
10. Провести обработку данных полученных при акустических измерениях характеристики чувствительности микрофона, используя программный пакет (по выбору студента) на персональном компьютере. Результаты обработки представить в виде осциллограмм и графика характеристики чувствительности.

11. Провести обработку данных полученных при акустических измерениях скорости звука в воздухе (импульсным методом), используя программный пакет (по выбору студента) на персональном компьютере. При обработке применить корреляционный анализ. По результатам обработки вычислить значение скорости звука.
12. Провести обработку данных полученных при акустических измерениях скорости звука в воде (импульсным методом), используя программный пакет (по выбору студента) на персональном компьютере. При обработке применить корреляционный анализ. По результатам обработки вычислить значение скорости звука.
13. Провести обработку данных полученных при акустических измерениях скорости звука в воздухе (интерферометрическим методом), используя программный пакет (по выбору студента) на персональном компьютере. По результатам обработки вычислить значение скорости звука.
14. Провести обработку данных полученных при акустических измерениях скорости воздушного потока, создаваемого вентилятором, используя программный пакет (по выбору студента) на персональном компьютере. При обработке применить корреляционный анализ. По результатам обработки вычислить значение скорости потока воздуха.
15. Провести обработку данных полученных при акустических измерениях в интенсивных акустических полях, используя программный пакет (по выбору студента) на персональном компьютере. Результаты обработки данных представить в виде осциллограмм и спектральных характеристик зарегистрированных сигналов.
16. Провести обработку данных полученных при акустических измерениях распределения акустического поля создаваемого плоским излучателем, используя программный пакет (по выбору студента) на персональном компьютере. Результаты обработки данных представить в виде графика пространственного распределения амплитуды акустического давления сигнала вдоль акустической оси излучателя.
17. Провести обработку данных полученных при акустических измерениях распределения акустического поля создаваемого сферическим излучателем, используя программный пакет (по выбору студента) на персональном компьютере. Результаты обработки данных представить в виде графика пространственного распределения амплитуды акустического давления сигнала вдоль акустической оси излучателя.
18. Провести обработку данных полученных при акустических измерениях распределения амплитуды колебательной скорости на поверхности плоского излучателя, используя программный пакет (по выбору студента) на персональном компьютере. Результаты обработки данных представить в виде графика распределения амплитуды колебательной скорости сигнала вдоль радиальной координаты.
19. Провести обработку данных полученных при акустических измерениях амплитудно-частотной характеристики плоского излучателя, используя программный пакет (по выбору студента) на персональном компьютере. Результаты обработки данных представить в виде графика АЧХ (колебательная скорость в зависимости от частоты и акустическое давление в зависимости от частоты).
20. Провести обработку данных полученных при акустических измерениях чувствительности пьезоакселерометра, используя программный пакет (по выбору студента) на персональном компьютере. Результаты обработки данных представить в виде графика зависимости чувствительности датчика от частоты.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

- Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,
- Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) «Автоматизация измерений в акустическом эксперименте»

а) основная литература:

1. Колесников А.Е. *Акустические измерения*. Л.: Судостроение, 1983.
2. Макс Ж., *Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях: В 2-х томах. Пер. с франц.* – М.: Мир, 1983. – Т.1.

б) дополнительная литература:

1. Макс Ж., *Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях: В 2-х томах. Пер. с франц.* – М.: Мир, 1983. – Т.2.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

- аудиторный фонд ННГУ,
- аудитория для работы с мультимедийным проектором,
- лабораторный фонд ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО/ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению **02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»**, магистерская программа **«Автоматизация научных исследований»**.

Автор к.ф.-м.н., Дерябин М.С.

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

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

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