

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий государственный университет»

Факультет математики и информационных технологий
Кафедра теории упругости и вычислительной математики
имени академика А.С. Космодамианского

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат 03C1BBABF83E153235592ADEEC463FDD
Владелец МАШАРОВ ПАВЕЛ АНАТОЛЬЕВИЧ
Действителен с 06.07.2026 по 29.09.2027
Должность проректор

УТВЕРЖДАЮ
проректор

_____ П.А. Машаров
«16» апреля 2026 г.
МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ ВОЛНОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Укрупненная группа направлений подготовки	01.00.00 Математика и механика
Программа высшего образования	Программа магистратуры
Направление подготовки	01.04.02 Прикладная математика и информатика
Направленность (профиль) образовательной программы	Прикладная математика и информационные технологии
Квалификация	Магистр
Форма обучения	Очная

Рабочая программа может быть адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2026

Рабочая программа дисциплины **«Индустриальные волновые технологии»** для обучающихся по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика (Профиль: Прикладная математика и информационные технологии), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 января 2018 г. № 13 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2026 года.

Разработчик:

доцент кафедры теории упругости
и вычислительной математики
им. акад. А.С. Космодамианского,
канд. физ.-мат. наук

М.Н. Пачева

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики им. акад. А.С. Космодамианского.
Протокол от 09.04.2026 № 12

И.о. заведующего кафедрой

Р. Н. Нескородев

СОГЛАСОВАНО:

Врио декана факультета математики и
информационных технологий
16.04.2026

Н.Е. Мащенко

Учебно-методическая комиссия факультета математики и информационных технологий.
Протокол от 15.04.2026 № 3
Председатель

Ю.В. Абраменкова

Руководитель основной образовательной
программы, д-р физ.-мат. наук, доц.
09.04.2026

Р.Н. Нескородев

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

базовая подготовка по математике в объёме программы средней школы;

дисциплины программы бакалавриата: Математический анализ, Комплексный анализ, Функциональный анализ, Теория меры и интеграла.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Научный семинар по вопросам математического анализа, Гармонический анализ, Производственная практика: научно-исследовательская работа (обязательная), Производственная практика: преддипломная практика (обязательная).

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы (далее – ОП)	01.04.02 Прикладная математика и информатика (Профиль: Прикладная математика и информационные технологии)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ОД.7. Индустриальные волновые технологии
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор вуза
Количество зачетных единиц / всего часов	2 / 72

В случае предъявления от обучающегося или его родителя (законного представителя) заявления на обучение по адаптированной образовательной программе высшего образования, подкрепленного заключением психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК) или медико-социальной экспертизы (МСЭ) с рекомендациями создания индивидуальной программы реабилитации и абилитации (ИПРА), данная рабочая программа может быть адаптирована с учетом индивидуальных особенностей здоровья обучающегося.

2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	2	3	17	–	17	38	72	экзамен

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование знаний, умений и навыков по разработке и анализу усовершенствованных пространственных моделей многосвязных гидроакустических покрытий из материалов с усложненными физико-механическими свойствами.

**4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ
ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ
И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ПК-4. Способен самостоятельно проводить научные исследования или руководить коллективом с целью получения новых научных и/или прикладных результатов, применяя современные математические модели и методы, прикладное программное обеспечение	ПК-4.5. Применяет современные математические модели и методы, прикладное программное обеспечение для исследований неклассических теоретических моделей систем гидроакустической защиты и гидроакустического экранирования	ПК-4.5.1. Знает основные элементы общей методики моделирования и численно-аналитического исследования моделей однослойных и многослойных гидроакустических экранов. ПК-4.5.2. Умеет выбирать и использовать необходимые методы и вычислительные средства для решения задач дисциплины. ПК-4.5.3. Владеет навыками расчета характеристик взаимодействия гидроакустических волн с плоскими экранами.

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1.	
Введение. Основные понятия.	Звуковая волна и ее характеристики. Шум и его виды. Методы и средства звукозащиты. Понятие вибрации. Методы и средства защиты от вибраций.
Основные соотношения моделей однослойных и многослойных плоских гидроакустических экранов из однородных анизотропных материалов.	Система уравнений движения деформируемой среды. Система соотношений связи малых деформаций с волновыми деформационными перемещениями точек среды. Система определяющих соотношений для рассматриваемого класса деформируемых анизотропных сред Метагармоническое уравнение относительно потенциала поля скоростей волновых колебательных смещений частиц акустической среды Определяющее соотношение связи

	волнового акустического давления с потенциалом. Типы краевых условий
Методика численно-аналитического исследования модели однослойного анизотропного экранирующего элемента триклинной системы в акустической среде	Плоскопараллельный анизотропный упругий слой триклинной системы. Краевая задача о взаимодействии падающей плоской стационарной гидроакустической волны заданной частоты с экраном описанного типа
Алгоритм исследования модели многокомпонентного экранирующего покрытия с системой твердых анизотропных и жидкостных слоев.	Анализ процесса прохождения волны акустического давления в толщинном направлении структуры «полупространство жидкости 1 – анизотропный слой со свойствами 1 – слой жидкости 2 – анизотропный слой со свойствами 2 – полупространство жидкости 3».
Анализ модели многокомпонентного экранирующего пластинчатого элемента с системой идеально контактирующих твердых анизотропных слоев.	Модель трансформирования плоской акустической волны давления экранирующим структурированным пластинчатым элементом в виде пакета различных по физико-механическим свойствам идеально контактирующих твердых анизотропных слоев триклинной системы.
Соотношения моделей плоских элементов систем гидроакустической защиты и экранирования из неоднородных функционально-градиентных анизотропных материалов.	Рассмотренная выше модель дополняется предположениями о типах зависимостей, характеризующих неоднородность свойств функционально-градиентных материалов по толщинной координате.
Методика исследования модели функционирования однослойного экранирующего элемента из функционально-градиентного экспоненциально-неоднородного анизотропного материала.	Экранирующий плоскопараллельный функционально-неоднородный в толщинном направлении анизотропный идеально упругий либо вязкоупругий слой триклинной системы. Падение акустической волны на поверхность в толщинном направлении экранирующего слоя.
Анализ модели однослойного элемента системы экранирования из функционально-градиентного анизотропного материала с экспоненциально-степенной толщинной неоднородностью	Плоскопараллельный анизотропный упругий слой триклинной системы из функционально градиентного материала с двумя альтернативными видами толщинной неоднородности экспоненциально-степенного типа

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 2, семестр – 3

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1.	17	–	17	38	72
Введение. Основные понятия.	2	–	2	4	8
Основные соотношения моделей однослойных и многослойных плоских гидроакустических экранов из однородных анизотропных материалов.	2	–	2	6	10
Методика численно-аналитического исследования модели однослойного анизотропного экранирующего элемента триклинной системы в акустической среде	2	–	2	4	8
Алгоритм исследования модели многокомпонентного экранирующего покрытия с системой твердых анизотропных и жидкостных слоев.	2	–	2	5	9
Анализ модели многокомпонентного экранирующего пластинчатого элемента с системой идеально контактирующих твердых анизотропных слоев.	2	–	2	4	8
Соотношения моделей плоских элементов систем гидроакустической защиты и экранирования из неоднородных функционально-градиентных анизотропных материалов.	2	–	2	6	10
Методика исследования модели функционирования однослойного экранирующего элемента из функционально-градиентного экспоненциально-неоднородного анизотропного материала.	2	–	2	5	9
Анализ модели однослойного элемента системы экранирования из функционально-градиентного анизотропного материала с экспоненциально-степенной толщинной неоднородностью	3	–	3	4	10
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	17	–	17	38	72

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

1. Определение звуковой волны. Ее характеристики.
2. Шум и его виды.
3. Методы и средства звукозащиты.
4. Понятие вибрации.

5. Методы и средства защиты от вибраций.
6. Структурные особенности конструкций гидроакустических экранов.
7. Варианты конструкций перфорированных защитных гидроакустических экранов.
8. Особенности механизмов преобразования энергии волновых колебаний в плоских экранах из анизотропных материалов триклинной системы.
9. Физический смысл краевых условий на свободных либо имеющих тонкие нерастяжимые покрытия поверхностях контакта экрана с жидкостью.
10. Вид представлений волновых потенциалов для падающей, отраженной и прошедшей плоских гидроакустических волн.
11. Вид представлений функций волновых упругих колебаний в плоском трансверсально-изотропном экране при нормальном падении гидроакустической волны.
12. Вид представлений функций волновых упругих колебаний в плоском экране из анизотропного материала триклинной системы при нормальном падении гидроакустической волны.
13. Функциональная роль жидкостных прослоек в конструкциях плоских многослойных гидроакустических экранов.
14. Особенности механизмов преобразования энергии волновых колебаний в плоских экранах из анизотропных экспоненциально-неоднородных трансверсально-изотропных материалов.
15. Особенности механизмов преобразования энергии волновых колебаний в плоских экранах из анизотропных экспоненциально-неоднородных материалов триклинной системы.
16. Специфика свойств материалов плоских гидроакустических экранов, описываемая моделью функционально-градиентных материалов с экспоненциально-степенной неоднородностью физико-механических свойств.
17. Вид представлений функций волновых упругих колебаний в плоском экспоненциально-неоднородном трансверсально-изотропном экране при нормальном падении гидроакустической волны.
18. Вид представлений функций волновых упругих колебаний в плоском экране из анизотропного экспоненциально-неоднородного материала триклинной системы при нормальном падении гидроакустической волны.
19. Вид представлений функций волновых упругих колебаний в плоском экране из анизотропного материала триклинной системы с экспоненциально-степенной неоднородностью при нормальном падении гидроакустической волны.
20. Физический смысл краевых условий на свободных либо имеющих тонкие нерастяжимые покрытия поверхностях контакта экрана из анизотропного материала триклинной системы с экспоненциально-степенной неоднородностью с окружающей экран жидкостью.
21. Функциональная роль жидкостных прослоек в конструкциях плоских многослойных гидроакустических экранов из анизотропных материалов триклинной системы с экспоненциально-степенной неоднородностью.

7.2. Темы докладов (рефератов)

1. Гидроакустические экраны из эластичных пористых материалов (модели и методы расчета).
2. Экранирование гидроакустических антенн (модели и методы расчета).
3. Модели и методы расчета защитных гидроакустических покрытий.
4. Акустически-отрицательные метаматериалы.
5. Модели гидроакустического стелса.
6. Модели и методы расчета цилиндрических гидроакустических экранов.
7. Модели и методы расчета конформных гидроакустических экранов.

8. Модели и методы учета гидростатического давления при расчете гидроакустических экранов.

9. Модели и методы расчета многосвязных гидроакустических экранов со сферическими микрополостями.

10. Акустически активные защитные покрытия для подводных транспортных средств.

Контрольная работа по проверке теоретических знаний – по всем темам, с использованием указанных выше контрольных вопросов.

7.3. Образец содержания экзаменационного билета (при наличии экзамена по дисциплине)

Экзаменационный билет № n

1. Пассивные средства защита от вибраций, принцип их действия.
2. Двухслойная экранирующая система.

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного.

8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже.

Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

Самостоятельная работа оценивается на основе предоставленных на проверку выполненных домашних, индивидуальных заданий с учетом своевременности их предоставления и соответствия требованиям к их выполнению.

Количество баллов за контрольную работу вычисляется как сумма баллов за все входящие в её состав задания. Каждое задание оценивается исходя из максимально возможного количества баллов с учетом правильности выполнения задания, полноты приводимых обоснований.

По результатам работы в семестре обучающийся, набравший не менее 60 баллов, имеет право получить оценку. Те, кто претендует на более высокий балл, проходят промежуточную аттестацию.

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1	Организационно-учебная работа в аудитории	35
	Самостоятельная работа	25
	Контрольная работа	20
ИТОГО		80
Промежуточная аттестация (экзамен)		20
Общий итог за семестр		100

Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	
75-79	C		
70-74	D		
60-69	E	удовлетворительно	
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в Главном корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Гурова, 6). Для проведения занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в учебно-методическом кабинете Главного корпуса (ауд. 605).

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

10. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

10.1. Основная литература

1. **Алфаяд, А. Г.** Методология оценки физических характеристик пласта при воздействии упругих волн: учебно-методическое пособие / А. Г. Алфаяд, Р. А. Кемалов, А. Ф. Кемалов. — Казань : КФУ, 2024. — 82 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/465461> (дата обращения: 08.04.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. **Номбре, С. Б.** Вычислительная гидроакустика [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. Б. Номбре, С. А. Прийменко, В. И. Сторожев, С. В. Сторожев. — Донецк: ДонНУ, 2016. — Электронные данные (1 файл).

10.2. Дополнительная литература

3. **Болнокин, В. Е.** Исследование систем гидроакустического экранирования для подводных транспортных средств / В. Е. Болнокин, В. И. Сторожев, Зыонг Минь Хай. — Воронеж: «Научная книга», 2016. — 196 с.

4. **Номбре, С. Б.** Программирование алгоритмов вычислительной гидроакустики [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / С. Б. Номбре, С. А. Прийменко, В. И. Сторожев, С. В. Сторожев. — 2-е изд. — Донецк: ДонНУ, 2019. — Электронные текстовые данные (1 файл).

11. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU:** сайт / НЭБ (ООО). – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 08.04.2026). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
2. **Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»:** сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 08.04.2026). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
3. **Национальная подписка:** сайт / РЦНИ. – Москва, 2020- . – URL: <https://podpiska.rcsi.science/> (дата обращения: 08.04.2026). – Режим доступа: для авторизов. пользователей ДонГУ. – Текст: электронный.
4. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 08.04.2026). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
5. **Образовательная платформа Юрайт:** сайт. – Москва, 2013- . – URL: <https://urait.ru/library/svobodnyy-dostup/> (дата обращения: 08.04.2026). – Режим доступа: издания свободного доступа, для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
6. **Электронная библиотека РГБ:** раздел сайта / РГБ. – Текст: электронный // Российская государственная библиотека: официальный сайт. – <https://ldiss.rsl.ru/electroniclibrary>. – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – Виртуальный читальный зал РГБ на территории НБ ДонГУ.
7. **Электронно-библиотечная система Лань:** сайт / ЭБС Лань. – С.-Петербург, 2011- . – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 08.04.2026). – Режим доступа: издания Сетевой электронной библиотеки, для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
8. **Электронно-библиотечная система ДонГУ:** сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 08.04.2026). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
9. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 08.04.2026). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.
10. **Электронный архив ДонГУ:** раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 08.04.2026). – Режим доступа: свободный.

12. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. РЕД ОС, Astra Linux (ОЕМ).
2. OpenOffice, LibreOffice.
3. Wolfram Mathematica (пробная версия).