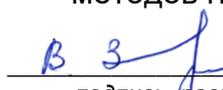


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО ВГУ)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
алгебры и математических
методов гидродинамики

 (Звягин В.Г.)
подпись, расшифровка подписи
18.03.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.02. Волны в жидкости и их визуализация

- 1. Шифр и наименование направления подготовки:**
01.04.01 Математика
- 2. Профиль подготовки:** Математические модели гидродинамики
- 3. Квалификация выпускника:** Магистр
- 4. Форма образования:** Очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** Кафедра алгебры и математических методов гидродинамики
- 6. Составители программы:** доцент, к.ф.-м.н. Турбин Михаил Вячеславович
- 7. Рекомендована:** НМС математического факультета протокол № 0500-03 от 18.03.2025 г.
- 8. Учебный год:** 2025-2026 **Семестр(-ы):** 1

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целью курса является:

Целями данной дисциплины являются изложение основ теории гидродинамической устойчивости, знакомство с различными типами волн в жидкости, исследование уравнений малых колебаний для реально встречающихся на практике жидкостей.

Задачами курса является:

Задачей данной дисциплины является применение абстрактных знаний методов из курсов линейной алгебры, математического анализа, комплексного анализа, уравнений в частных производных, функционального анализа для вывода уравнений малых колебаний и численного решения полученных уравнений.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Волны в жидкости и их визуализация» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1. Она непосредственно связана с такими дисциплинами как «Линейная алгебра», «Комплексный анализ», «Функциональный анализ», «Математический анализ», «Уравнения в частных производных».

Приступая к изучению данной дисциплины, студенты должны знать и уметь оперировать с основными понятиями перечисленных выше дисциплин.

11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен решать задачи аналитического характера, предполагающих выбор и многообразие актуальных способов решения задач математической гидродинамики	ПК-1.1	Обладает большим объемом знаний в области математической гидродинамики	Знать: зарубежную и отечественную литературу в области математической гидродинамики Уметь: формулировать постановки основных задач математической гидродинамики, формулировать и доказывать теоремы предметной области Владеть: источниками информации, теоретическими подходами к исследованию математической гидродинамики
		ПК-1.2	Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в области математической гидродинамики	Знать: современные методы проведения научных экспериментов, подходы к анализу научно-исследовательских работ Уметь: находить, формулировать и исследовать разрешимость в научно-исследовательской деятельности Владеть: методами исследования и решения классических моделей гидродинамики
		ПК-1.3	Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области математической гидродинамики	Знать: современные методы анализа научно-исследовательских работ, основы научно-исследовательской деятельности в области математической гидродинамики Уметь: определять и развивать тематику научного исследования Владеть: современными методами научного анализа в области математической гидродинамики
ПКВ-3	Способен осуществлять теоретическое обобщение	ПКВ-3.1	Обладает теоретическим аппаратом, необходимым для	Знать: теоретический аппарат обобщения научных данных и результатов экспериментов в моделях математической гидродинамики.

	научных данных и результатов экспериментов в моделях математической гидродинамики		обобщения научных данных и результатов экспериментов в моделях математической гидродинамики	Уметь: обобщать научные данные и результаты экспериментов в моделях математической гидродинамики. Владеть: методами, позволяющими при помощи теоретического аппарата обобщать научные данные и результаты экспериментов в моделях математической гидродинамики.
		ПКВ-3.2	Умеет структурировать и обобщать научные и экспериментальные данные, четко формулировать и излагать необходимую информацию	Знать: методы и способы структурирования и обобщения научных и экспериментальных данных, четкого формулирования и изложения необходимой информации. Уметь: структурировать и обобщать научные и экспериментальные данные, грамотно формулировать и излагать информацию. Владеть: методами, позволяющими структурировать и обобщать научные и экспериментальные данные, четко формулировать и излагать необходимую информацию.
		ПКВ-3.3	Имеет практический опыт обобщения подобной информации	Знать: практически используемые методы обобщения информации. Уметь: обобщать полученную информацию на практике. Владеть: практическими методами обобщения информации.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.(в соответствии с учебным планом) —3/108

Форма промежуточной аттестации - зачёт

13. Трудоёмкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоёмкость (часы)	
	Всего	По семестрам
		1
Аудиторные занятия	32	32
в том числе:		
лекции	16	16
практические	16	16
лабораторные	-	-
Самостоятельная работа	76	76
Итого:	108	108

13.1 Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1	Уравнения движения жидкости	Вывод уравнений движения жидкости	
2	Система Навье-Стокса	Система уравнений Навье-Стокса. Точные решения системы Навье-Стокса. Течение Пуазёйля, течение Куэтта	
3	Уравнение Орра-Зоммерфельда	Уравнение Орра-Зоммерфельда. Вывод и свойства решений	
4	Численное	Численное решение уравнения Орра-Зоммерфельда	

	решение уравнения Орра-Зоммерфельда для различных решений физических констант	для различных решений физических констант	
5	Качественное поведение решений уравнения Орра-Зоммерфельда	Качественное поведение решений уравнения Орра-Зоммерфельда	
6	Решения уравнения Орра-Зоммерфельда	Затухающие, незатухающие и периодические решения уравнения Орра-Зоммерфельда	
7	Визуализация решений уравнения Орра-Зоммерфельда	Визуализация решений уравнения Орра-Зоммерфельда с помощью пакета Maxima	
8	Уравнение малых колебаний для модели полимерных растворов	Вывод уравнения малых колебаний для модели полимерных растворов	
9	Решения уравнения малых колебаний для различных физических сред	Исследование поведения решений уравнения малых колебаний для различных физических сред	
10	Визуализация решений уравнения малых колебаний для модели полимерных растворов	Визуализация решений уравнения малых колебаний для модели полимерных растворов с помощью пакета Maxima	
2. Практические занятия			
1	Уравнения движения жидкости	Вывод уравнений движения жидкости	
2	Система Навье-Стокса	Система уравнений Навье-Стокса. Точные решения системы Навье-Стокса. Течение Пуазейля, течение Куэтта	
3	Уравнение Орра-Зоммерфельда	Уравнение Орра-Зоммерфельда. Вывод и свойства решений	
4	Численное решение уравнения Орра-Зоммерфельда для различных решений физических констант	Численное решение уравнения Орра-Зоммерфельда для различных решений физических констант	
5	Качественное поведение решений уравнения Орра-Зоммерфельда	Качественное поведение решений уравнения Орра-Зоммерфельда	

6	Решения уравнения Орра-Зоммерфельда	Затухающие, незатухающие и периодические решения уравнения Орра-Зоммерфельда
7	Визуализация решений уравнения Орра-Зоммерфельда	Визуализация решений уравнения Орра-Зоммерфельда с помощью пакета Maxima
8	Уравнение малых колебаний для модели полимерных растворов	Вывод уравнения малых колебаний для модели полимерных растворов
9	Решения уравнения малых колебаний для различных физических сред	Исследование поведения решений уравнения малых колебаний для различных физических сред
10	Визуализация решений уравнения малых колебаний для модели полимерных растворов	Визуализация решений уравнения малых колебаний для модели полимерных растворов с помощью пакета Maxima

13.2 Темы (разделы) дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Уравнения движения жидкости	1	1	-	7	9
2	Система Навье-Стокса	2	2	-	8	12
3	Уравнение Орра-Зоммерфельда	2	2	-	8	12
4	Численное решение уравнения Орра-Зоммерфельда для различных решений физических констант	1	1	-	7	9
5	Качественное поведение решений уравнения Орра-Зоммерфельда	2	2	-	8	12
6	Решения уравнения Орра-Зоммерфельда	2	2	-	8	12
7	Визуализация решений уравнения Орра-Зоммерфельда	1	1	-	7	9
8	Уравнение малых колебаний для модели полимерных растворов	2	2	-	8	12
9	Решения уравнения малых колебаний для различных физических сред	2	2	-	8	12
10	Визуализация решений уравнения малых колебаний для модели полимерных растворов	1	1	-	7	9
	Итого:	16	16	-	76	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

В процессе преподавания дисциплины используются такие виды учебной работы, как лекции, практические занятия, а также различные виды самостоятельной работы обучающихся, на которую отводится 76 часов. На лекциях рассказывается теоретический

материал, на практических занятиях решаются примеры по теоретическому материалу, прочитанному на лекциях.

При изучении курса «Волны в жидкости и их визуализация» обучающимся следует внимательно слушать и конспектировать материал, излагаемый на аудиторных занятиях. Для его понимания и качественного усвоения рекомендуется следующая последовательность действий.

1. После каждой лекции студентам рекомендуется подробно разобрать прочитанный теоретический материал, выучить все определения и формулировки теорем, разобрать примеры, решенные на лекции. Перед следующей лекцией обязательно повторить материал предыдущей лекции.

2. Перед практическим занятием обязательно повторить лекционный материал. После практического занятия еще раз разобрать решенные на этом занятии примеры, после чего приступить к выполнению домашнего задания. Если при решении примеров, заданных на дом, возникнут вопросы, обязательно задать на следующем практическом занятии или в присутственный час преподавателю.

3. При подготовке к практическим занятиям повторить основные понятия по темам, изучить примеры. Решая задачи, предварительно понять, какой теоретический материал нужно использовать. Наметить план решения, попробовать на его основе решить практические задачи.

4. Кроме обычного курса в системе «Электронный университет», все необходимые для усвоения курса материалы размещены также на сайте факультета https://math.vsu.ru/wp/?page_id=937.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на самостоятельное освоение всех тем и вопросов учебной дисциплины, предусмотренных программой. Самостоятельная работа является обязательным видом деятельности для каждого обучающегося, ее объем по учебному курсу определяется учебным планом. При самостоятельной работе обучающийся взаимодействует с рекомендованными материалами при минимальном участии преподавателя.

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, материалами периодических изданий и ресурсами сети Internet является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у обучающихся заинтересованное отношение к конкретной проблеме. Вопросы, которые вызывают у обучающихся затруднения при подготовке, должны быть заранее сформулированы и озвучены во время занятий в аудитории для дополнительного разъяснения преподавателем.

Для успешного и плодотворного обеспечения итогов самостоятельной работы разработаны учебно-методические указания к самостоятельной работе студентов над различными разделами дисциплины.

Все задания, выполняемые студентами самостоятельно, подлежат последующей проверке преподавателем.

15. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Турбин М.В. Визуализация аттракторов для математической модели движения слабо концентрированных водных растворов полимеров / М.В. Турбин, С.К. Кондратьев // Вестник ВГУ. Серия: Физика. Математика. – 2010. – № 2. – С. 142-163.
2	Звягин В.Г. Математические вопросы гидродинамики вязкоупругих сред / В.Г. Звягин, М.В. Турбин.— М. : URSS, 2012.— 412 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
-------	----------

3	Бетчов Р. Вопросы гидродинамической устойчивости / Р. Бетчов, В. Криминале // М.: Мир, 1971. — 352 с.
4	Наймарк М. А. Линейные дифференциальные операторы. / М. А. Наймарк. — М. : Наука, 1969. — 528 с.

в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

№ п/п	Источник
5	Электронный каталог ЗНБ ВГУ http://www.lib.vsu.ru/?p=4
6	Сайт факультета https://math.vsu.ru/wp/?page_id=937

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Турбин М.В. Визуализация аттракторов для математической модели движения слабо концентрированных водных растворов полимеров / М.В. Турбин, С.К. Кондратьев // Вестник ВГУ. Серия: Физика. Математика. – 2010. – № 2. – С. 142-163.
2	Звягин В.Г. Математические вопросы гидродинамики вязкоупругих сред / В.Г. Звягин, М.В. Турбин.— М. : URSS, 2012.— 412 с.
3	Бетчов Р. Вопросы гидродинамической устойчивости / Р. Бетчов, В. Криминале // М.: Мир, 1971. — 352 с.
4	Электронный каталог ЗНБ ВГУ http://www.lib.vsu.ru/?p=4
5	Положение об организации самостоятельной работы обучающихся в Воронежском государственном университете

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

Дисциплина может реализовываться с применением дистанционных образовательных технологий, например, на платформе «Электронный университет ВГУ».

Перечень необходимого программного обеспечения: операционная система Windows или Linux, Microsoft, Windows Office, LibreOffice 5, *Calc*, *Math*, браузер Mozilla Firefox, Opera или Internet.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Специализированная мебель.

Компьютерный класс: специализированная мебель, маркерная доска, персональные компьютеры

Maxima (GNU General Public License (GPL), бесплатное и/или свободное ПО, лицензия: <http://maxima.sourceforge.net/faq.html>).

Для самостоятельной работы используется класс с компьютерной техникой, оснащенный необходимым программным обеспечением, электронными учебными пособиями и законодательно - правовой и нормативной поисковой системой, имеющий выход в глобальную сеть.

При реализации дисциплины с использованием дистанционного образования возможны дополнения материально-технического обеспечения дисциплины.

19. Фонд оценочных средств:

Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Уравнения движения жидкости	ПК-1 ПКВ-3	ПКВ-3.1 ПКВ-3.2 ПК-1.1	Домашние задания, контрольная работа
2	Система Навье-Стокса	ПК-1 ПКВ-3	ПКВ-3.1 ПКВ-3.2 ПК-1.1 ПК-1.2	Домашние задания, контрольная работа
3	Уравнение Орра-Зоммерфельда	ПК-1 ПКВ-3	ПКВ-3.1 ПКВ-3.2 ПК-1.1 ПК-1.2	Домашние задания, контрольная работа
4	Численное решение уравнения Орра-Зоммерфельда для различных решений физических констант	ПК-1 ПКВ-3	ПКВ-3.3 ПК-1.3	Домашние задания, контрольная работа
5	Качественное поведение решений уравнения Орра-Зоммерфельда	ПК-1 ПКВ-3	ПКВ-3.1 ПКВ-3.2 ПК-1.1	Домашние задания, контрольная работа
6	Решения уравнения Орра-Зоммерфельда	ПК-1 ПКВ-3	ПКВ-3.1 ПКВ-3.2 ПК-1.1 ПК-1.2	Домашние задания, контрольная работа
7	Визуализация решений уравнения Орра-Зоммерфельда	ПК-1 ПКВ-3	ПКВ-3.1 ПКВ-3.2 ПК-1.1 ПК-1.2	Домашние задания, контрольная работа
8	Уравнение малых колебаний для модели полимерных растворов	ПК-1 ПКВ-3	ПКВ-3.3 ПК-1.3	Домашние задания, контрольная работа
9	Решения уравнения малых колебаний для различных физических сред	ПК-1 ПКВ-3	ПКВ-3.1 ПКВ-3.2 ПК-1.1	Домашние задания, контрольная работа
10	Визуализация решений уравнения малых колебаний для модели полимерных растворов	ПК-1 ПКВ-3	ПКВ-3.1 ПКВ-3.2 ПК-1.1 ПК-1.2	Домашние задания, контрольная работа
Промежуточная аттестация Форма контроля - зачёт		Зачет выставляется при успешной сдаче контрольной работы		

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Домашние задания:

Домашнее задание выполняется каждым студентом самостоятельно и обсуждается на следующем занятии.

Примерный перечень задач для контрольной работы №1:

Контрольно-измерительный материал № 1.

1. Вывод уравнений движения идеальной жидкости.
2. Численное решение уравнения Орра-Зоммерфельда при постоянной вязкости и плоскости с помощью пакета Maxima.

Текущий контроль представляет собой проверку усвоения учебного материала теоретического и практического характера, регулярно осуществляемую на занятиях.

Цель текущего контроля:

Определение уровня сформированности профессиональных компетенций, знаний и навыков деятельности в области знаний, излагаемых в курсе.

Задачи текущего контроля: провести оценивание

1. уровня освоения теоретических и практических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности обучающегося применять теоретические и практические знания и профессионально значимую информацию, сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

Текущий контроль предназначен для проверки хода и качества формирования компетенций, стимулирования учебной работы обучаемых и совершенствования методики освоения новых знаний. Он обеспечивается проведением контрольной работы.

В ходе контрольной работы обучающемуся выдается КИМ с перечнем вопросов и предлагается ответить на данные вопросы. В ходе выполнения заданий нельзя пользоваться литературой и конспектом лекций, ограничение по времени 90 минут.

Если текущая аттестация проводится в дистанционном формате, то обучающийся должен иметь компьютер и доступ в систему «Электронный университет». Если у обучающегося отсутствует необходимое оборудование или доступ в систему, то он обязан сообщить преподавателю об этом за 2 рабочих дня. На контрольную работу в дистанционном режиме отводится ограничение по времени 120 минут.

20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация предназначена для определения уровня освоения всего объема учебной дисциплины. Промежуточная аттестация по дисциплине «Волны в жидкости и их визуализация» проводится в форме зачёта. Предназначена для определения уровня освоения всего объема учебной дисциплины.

Промежуточная аттестация, как правило, осуществляется в конце семестра. Результаты текущей аттестации обучающегося по решению кафедры могут быть учтены при проведении промежуточной аттестации. При несогласии студента, ему дается возможность пройти промежуточную аттестацию (без учета его текущих аттестаций) на общих основаниях.

При проведении зачёта учитываются результаты контрольной работы и учитывается выставленная преподавателем оценка за работу в ходе практических занятий.

Если у обучающегося есть положительная оценка по контрольной работе и положительная оценка работы в ходе обучения по практике, то выставляется зачёт. Если обучающийся не имеет положительной оценки по контрольной работе или практике, или не согласен с этой оценкой, он может ответить на соответствующие вопросы в ходе зачёта.

Примерный перечень вопросов:

1	Вывод уравнения движения жидкости.
2	Система Навье-Стокса. Определение слабого решения. Теорема существования
3	Вывод уравнения Орра-Зоммерфельда. Определение слабого решения. Теорема существования
4	Поведение решений уравнения Орра-Зоммерфельда.
5	Вывод уравнения малых колебаний для модели полимерных растворов.
6	Выделение флуктуаций.
7	Линеаризация уравнений.
8	Некоторые свойства уравнений малых колебаний.
9	Схема численного решения уравнения малых колебаний.
10	Асимптотическое поведение возмущений.

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие **показатели**:

- 1) знание теоретических основ;
- 2) умение решать задачи лабораторной работы;
- 3) умение работать с информационными ресурсами;
- 4) успешное прохождение текущей аттестации.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется **шкала**: «зачтено», «не зачтено».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения:

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой. Усвоение взаимосвязей основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии.	Зачтено
Пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий.	Не зачтено

20.3 Фонд оценочных средств сформированности компетенций студентов, рекомендуемый для проведения диагностических работ

1. Дана система

$$\frac{\partial v_j}{\partial t} + \sum_{i=1}^n v_i \frac{\partial v_j}{\partial x_i} - v \Delta v_j - \alpha \frac{\partial \Delta v_j}{\partial t}$$

$$- \alpha \sum_{i=1}^n v_i \frac{\partial \Delta v_j}{\partial x_i} + \alpha \sum_{i=1}^n v_i \frac{\partial \Delta v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_j} p = f_j;$$

$$\operatorname{div} v(t, x) = 0.$$

Что обозначает v_j ?

Ответ: **Скорость.**

2. Дана система

$$\frac{\partial v_j}{\partial t} + \sum_{i=1}^n v_i \frac{\partial v_j}{\partial x_i} - v \Delta v_j - \alpha \frac{\partial \Delta v_j}{\partial t}$$

$$- \alpha \sum_{i=1}^n v_i \frac{\partial \Delta v_j}{\partial x_i} + \alpha \sum_{i=1}^n v_i \frac{\partial \Delta v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_j} p = f_j;$$

$$\operatorname{div} v(t, x) = 0.$$

Что обозначает p ?

Ответ: **Давление.**

3. Дана система

$$\frac{\partial v_j}{\partial t} + \sum_{i=1}^n v_i \frac{\partial v_j}{\partial x_i} - \nu \Delta v_j - \alpha \frac{\partial \Delta v_j}{\partial t}$$

$$- \alpha \sum_{i=1}^n v_i \frac{\partial \Delta v_j}{\partial x_i} + \alpha \sum_{i=1}^n v_i \frac{\partial \Delta v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_j} p = f_j;$$

$$\operatorname{div} v(t, x) = 0.$$

Что обозначает f ?

Ответ: **Внешние силы.**

4. Дана система

$$\frac{\partial v_j}{\partial t} + \sum_{i=1}^n v_i \frac{\partial v_j}{\partial x_i} - \nu \Delta v_j - \alpha \frac{\partial \Delta v_j}{\partial t}$$

$$- \alpha \sum_{i=1}^n v_i \frac{\partial \Delta v_j}{\partial x_i} + \alpha \sum_{i=1}^n v_i \frac{\partial \Delta v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_j} p = f_j;$$

$$\operatorname{div} v(t, x) = 0.$$

Что обозначает ν ?

Ответ: **Вязкость.**

5. Дана система

$$\frac{\partial v_j}{\partial t} + \sum_{i=1}^n v_i \frac{\partial v_j}{\partial x_i} - \nu \Delta v_j - \alpha \frac{\partial \Delta v_j}{\partial t}$$

$$- \alpha \sum_{i=1}^n v_i \frac{\partial \Delta v_j}{\partial x_i} + \alpha \sum_{i=1}^n v_i \frac{\partial \Delta v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_j} p = f_j;$$

$$\operatorname{div} v(t, x) = 0.$$

Что обозначает α ?

Ответ: **коэффициент нормального напряжения.**

Критерии и шкалы оценивания заданий ФОС:

1) Задания закрытого типа (выбор одного варианта ответа, верно/неверно):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ.

2) Задания открытого типа (короткий текст):

- 2 балла – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ.

3) Задания открытого типа (число):

- 2 балла – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ.

Задания раздела 20.3 рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных результатов освоения данной дисциплины (знаний, умений, навыков).

Программа рекомендована НМС математического факультета протокол № 0500-03 от 18.03.2025 г.