



МИНОБРНАУКИ РОССИИ


федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра метеорологии и физики околоземного космического пространства

УТВЕРЖДАЮ


Декан географического факультета,
канд. геогр. наук, доцент
С.Ж. Воложжина

«15»  2023 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Б1.В.10 Основы численных методов прогноза погоды и климата

Направление подготовки: 05.03.04 Гидрометеорология

Профиль подготовки: Информационные технологии в метеорологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная/заочная

Согласовано с УМК географического
факультета

Протокол № 5 от «15» мая 2023г.
Председатель, канд. геогр. наук, доцент


С.Ж. Воложжина

Рекомендовано кафедрой метеорологии и
физики околоземного космического
пространства

Протокол №6 от «15» мая 2023 г.

Зав. кафедрой  Латышева И.В.

Иркутск 2023 г.

Содержание

	стр.
I. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП.	3
III. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)	3
IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)	5
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	5
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	7
4.3 Содержание учебного материала	8
4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	9
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов	9
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	10
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)	10
а) перечень литературы	10
б) базы данных, поисково-справочные и информационные системы	11
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	11
6.1. Учебно-лабораторное оборудование	11
6.2. Программное обеспечение	12
6.3. Технические и электронные средства обучения	12
VII. Образовательные технологии	12
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	12

I. Цели и задачи дисциплины (модуля) Б1.В.10 «Основы численных методов прогноза погоды и климата»:

Цель: формирование представлений об уравнениях математических моделей погодных образований, и их решении при помощи современных вычислительных устройств.

Задачи:

- научить использовать теоретические представления о динамике воздушных масс для практических применений;
- применять современные методы решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений в частных производных.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

2.1. Учебная дисциплина (модуль) Б1.В.10 «Основы численных методов прогноза погоды и климата» относится к обязательной части программы.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: Б1.О.15 «Физика»; Б1.О.16.01 «Аналитическая геометрия и высшая алгебра»; Б1.О.16.02 «Математический анализ»; Б1.О.01 «Информатика»; Б1.О.24 «Веб-программирование в гидрометеорологии»; Б1.О.26 «Физическая метеорология»; Б1.В.02 «Динамическая метеорология»

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

Б2.В.01(У) Научно-исследовательская работа (получение навыков научно-исследовательской работы).

Б2.В.02(П) Технологическая (проектно-технологическая).

Б3.01(Д) Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы.

Дисциплина является итоговой.

Разделы, включенных в программу дисциплины «Численные методы анализа и прогноза погоды», представляет собой итоговый этап единой системы подготовки бакалавров по направлению подготовки 05.03.04 «Гидрометеорология». Успешное освоение материала данной дисциплины возможно при условии овладения студентами фундаментальными знаниями в физике, математике и программировании. Введением в дисциплину является курс «Динамическая метеорология», основывающийся на «Физической метеорологии». Курсы «Математического анализа», «Аналитической геометрии и высшей алгебры» с элементами векторного анализа читаемыми в рамках «Динамической метеорологии», и знаний об основных физических законах, полученных в рамках курсов «Физики» и «Физической метеорологии» с методами их математического моделирования на основе решения дифференциальных уравнений читаемыми в рамках «Динамической метеорологии» приведёт к получению навыков необходимых для освоения дисциплины «Численные методы анализа и прогноза погоды». Сведения полученные в курсах «Информатика» и «Программирование в гидрометеорологии» необходимы для решения базовых практических задач в курсе «Численные методы анализа и прогноза погоды».

III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки 05.03.04 «Гидрометеорология»:

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
<p>ПК-7 Способен использовать стандартное и специализированное программное обеспечение для подготовки информационно-справочных и аналитических материалов, имеющих гидрометеорологическую направленность</p>	<p>ИДК_{ПК7.1} Выполняет технологические операции по сбору, обработке, подготовке, анализу и интерпретации гидрометеорологической информации с применением вычислительной техники</p>	<p>Знать: - теоретические основы закономерностей атмосферной динамики. Уметь: - использовать уравнения движения воздуха, сохранения импульса массы и энергии для создания простых математических моделей динамики атмосферы Владеть: - математическим аппаратом моделирования атмосферной динамики и базовыми навыками численного моделирования атмосферной динамики при помощи ПК.</p>

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов,
 Форма промежуточной аттестации: экзамен

4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов (очное/заочное обучение)

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр/курс	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися				
					Лекции	Семинарские /практические /лабораторные занятия	Консультации		
1	Экстраполяционные методы	7/ 5	16/ 34		2/2	6/2		8/30	Устный опрос
2	Гидродинамические методы прогноза погоды	7/ 5	19/ 34		3/2	6/2		10/30	Устный опрос
3	Конечно-разностные методы решения уравнений гидротермодинамики. Метод сеток	7/ 5	21/ 34		3/2	8/2		10/30	Устный опрос
4	Спектральные прогностические модели	7/ 5	21/ 34		3/2	8/2		10/30	Устный опрос
5	Долгосрочные и сверхдолгосрочные прогнозы погоды.	7/ 5	25/ 34		6/2	8/2		11/30	Устный опрос
	КСР		2/4						

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр/курс	Всего часов	практическая подготовка	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися	стоят ельн ая рабо		
Итого часов			108		17/6	34/6	4/2	49/90

4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
7/5	Экстраполяционные методы	Решение задач	В течение семестра	8/30	Конспект	Конспекты лекций, семинаров, литература: ОЛ: 1-4 ДЛ: 1-6
7/5	Гидродинамические методы прогноза погоды	Решение задач	В течение семестра	10/30	Конспект	Конспекты лекций, семинаров, литература: ОЛ: 1-4 ДЛ: 1-6
7/5	Конечно-разностные методы решения уравнений гидротермодинамики. Метод сеток	Решение задач	В течение семестра	10/30	Конспект	Конспекты лекций, семинаров, литература: ОЛ: 1-4 ДЛ: 1-6
7/5	Спектральные прогностические модели			10/30		

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
7/5	Региональные и мезомасштабные модели			11/30		
7/5	Долгосрочные и сверхдолгосрочные прогнозы погоды.			8/30		
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				46/90		

4.3 Содержание учебного материала

1. Экстраполяционные методы

Методы формальной экстраполяции. Перемещение барических центров (центров циклонов, антициклонов и деформационных полей). Границы применимости методов формальной экстраполяции.

2. Гидродинамические методы прогноза погоды

Определение производных первого и второго порядка, осреднённых по территории. Система уравнений гидротермодинамики в декартовой системе координат. Изобарическая система координат. Преимущества использования изобарической системы координат по сравнению с декартовой системой координат. Другие системы координат.

3. Конечно-разностные методы решения уравнений гидротермодинамики. Метод сеток

Конечно-разностная аппроксимация производных. Существование и единственность решений. Точность численного решения. Аппроксимация, согласованность, устойчивость и сходимость численных решений. Методы проверки численных схем на устойчивость. Конечно-разностная аппроксимация производных по времени. Явные и неявные схемы. Выбор схем интегрирования эволюционных уравнений. Схема решения полной системы уравнений гидротермодинамики в изобарической системе координат. Схемы интегрирования методом расщепления.

4. Спектральные прогностические модели

Базисные функции, используемые в спектральных моделях.

5. Региональные и мезомасштабные модели.

6. Долгосрочные и сверхдолгосрочные прогнозы погоды.

Возможности повышения качества прогнозов. Использование гидродинамических моделей для долгосрочных прогнозов погоды. Система месячного прогноза на основе модели ОЦА ГГО.

7. Система усвоения данных

Объективный анализ данных. Вариационное усвоение данных. Инициализация.

IV.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции* (индикаторы)
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1	Квазигеострофический анализ	Решение задач	12/4		Конспект	ПК-7 ИДК_{пк7.2}
2	Бароклинная динамика	Решение задач	16/4		Конспект	ПК-7 ИДК_{пк7.2}
3	Модели и методы численного прогноза погоды	Решение задач	8/2		Конспект	ПК-7 ИДК_{пк7.2}

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
-----	------	---------	-------------------------	-----

1	Квазигеострофический анализ	Вертикальное движение	ПК-7	ИДК _{ПК7.2}
2	Бароклинная динамика	Бароклинная неустойчивость в непрерывно стратифицированной атмосфере	ПК-7	ИДК _{ПК7.2}
3	Модели и методы численного прогноза погоды	Глобальные и региональные модели.	ПК-7	ИДК _{ПК7.2}

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа подразумевает самостоятельное изучение раздела темы при помощи конспектов лекций размещённых в ЭИОС по соответствующей дисциплине «Численные методы анализа и прогноза погоды». Кроме этого рекомендуется использовать литературу из раздела

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).

Для выполнения самостоятельной работы студенты должны пользоваться навыками, полученными на предшествующих лекциях, в ходе работы на семинарах и решении домашних заданий. В результате самостоятельной работы учащиеся должны продемонстрировать промежуточные этапы вывода соотношений тем из таблицы 4.3.2, провести анализ полученных соотношений, сопроводить полученные результаты поясняющим текстом. Для более качественного усвоения материала учащимся рекомендуется составить одну или несколько задач по теме самостоятельной работы. Учащиеся могут объединяться в группы для решения самостоятельной работы.

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) перечень литературы

Основная:

1. Белов П. И. Численные методы прогноза погоды/ П. И. Белов, Е. П. Борисенков, Б. Д. Панин. – Л. : Гидрометеиздат, 1989. – 376 с.
2. Гандин Л. С. Численные методы краткосрочного прогноза погоды/ Л. С. Гандин, А. С. Дубов. – Л. : Гидрометеиздат, 1968. – 427 с.
3. Гилл А. Динамика атмосферы и океана/ А. Гилл. – М. : Мир, 1986. – Т. 1. – 400 с.; Т. 2. – 415 с.
4. Роуч П. Вычислительная гидродинамика/ П. Роуч. – М. : Мир, 1980, 616 с.
5. Динамическая метеорология: учеб. пособие / В. К. Аргучинцев; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск: Изд-во ИГУ, 2009. - 164 с. (56 экз.).

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Лекционные занятия проходят в аудитории на 30 посадочных мест с мультимедийным оборудованием и учебной мебелью.

Практические занятия, требующие использование персональных компьютеров проходят в компьютерном классе на 14 посадочных мест.

6.2. Программное обеспечение:

- Libreoffice (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: <http://www.libreoffice.org/about-us/licenses/> (бессрочно).

- ОС «Альт Образование». Лицензия № ААО.0323.00 от 01.05.2023 (3 года).
- GIS QGIS (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: <https://qgis.org/ru/site/> (бессрочно).
- Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition (обновляемое ПО) Лицензия № 1B08-211201-040133-810-136 от 12.01.2021 (2 года).
- 7zip (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: <https://www.7-zip.org/license.txt> (бессрочно).
- Adobe Reader DC 2019.008.20071 (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: https://www.images2.adobe.com/www.adobe.com/content/dam/acom/en/legal/licenses-terms/pdf/PlatformClients_PC_WWEULA-en_US-20150407_1357.pdf (бессрочно).
- Google Chrome (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: https://www.google.ru/chrome/browser/privacy/eula_text.html (бессрочно).
- Mozilla Firefox (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: <https://www.mozilla.org/ru/about/legal/terms/firefox/> (бессрочно).
- AST-Test plus 75. Лицензионный договор Л-129-21 от 01.05.2021 (3 года).
- «Антиплагиат.ВУЗ». Номер лицензии: №5789/347/22 от 30.12.2022 от 30.12.2022 (1 год)
- GIMP 2.8.18 (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: <https://www.gimp.org/about/COPYING> (бессрочно).
- Inkscape 0.92 (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: <https://inkscape.org/en/about/license/> (Программа распространяется на условиях GNU General Public License.) (бессрочно).
- Система автоматизации библиотек ИРБИС64 (ежегодно обновляемое ПО). Договор подряда 04-040-12 от 21.09.2012 Лицензия №670/1 от 16.12.2015 (бессрочно).
- 2GIS (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: <http://law.2gis.ru/licensing-agreement/> (бессрочно).
- Mapinfo Professional 16. Лицензионный сертификат S/N MINWRS150001065 от 12.01.2017 (бессрочно).

6.3. Технические и электронные средства:

Учебный материал подается с использованием современных средств визуализации с применением мультимедийного оборудования.

Персональные компьютеры для выполнения практических и самостоятельных работ.

По каждой теме дисциплины подготовлены конспекты лекций, размещенные в открытом доступе в ЭИОС.

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

Информационные технологии: занятия сопровождаются мультимедийными презентациями, решение задач сопровождается численным моделированием и визуализацией полученных результатов при помощи средств ПО Anaconda.

Проектная технология: организация самостоятельной работы студентов, когда обучение происходит в процессе деятельности, направленной на разрешение проблемы, возникшей в ходе самостоятельной работы над темами из таблицы 4.3.2.

Проблемное обучение: стимулирование студентов к самостоятельному приобретению знаний из материалов п. V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ), необходимых для решения конкретной проблемы.

Контекстное обучение: мотивация студентов к усвоению знаний путем выявления связей между конкретным знанием и его применением;

Обучение на основе опыта: активизация познавательной деятельности студента проводится за счет ассоциации и собственного опыта.

Обучение критическому мышлению: построение занятия по определенному алгоритму – последовательно, в соответствии с тремя фазами: вызов, осмысление и рефлексия. Цель данной образовательной технологии – развитие мыслительных навыков обучающихся, необходимых не только при изучении учебных предметов, но и в обычной жизни, и в профессиональной деятельности (умение принимать взвешенные решения, работать с информацией и др.).

Станционное обучение: организация целенаправленной и планомерной самостоятельной работы студентов на занятии в мини-группах в целях более эффективного усвоения проходимого материала, когда каждая группа выбирает свою образовательную траекторию, и студенты сами оценивают свою работу.

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1 Оценочные материалы (ОМ):

Оценочные материалы для входного контроля – не предусмотрены.

Оценочные материалы текущего контроля

Тема или раздел дисциплины	Показатель	Критерий оценивания	Формируемые компетенции и индикаторы
Квазигеострофический анализ	Знает структуру внетропической циркуляции. Умеет вывести или знает запись уравнений: термодинамической энергии, завихренности и потенциальной завихренности, непрерывности, дивергенции, импульса в квазигеострофическом приближении. Понимает использование потенциальной завихренности, концепцию сохранения потенциальной завихренности, может записать или вывести квазигеострофическое уравнение барической или высотной тенденции. Понимает или может вывести уравнение квазигеострофического вертикального движения, имеет представление о циркуляционных структурах. Понимает физическую картину	Решил задачи домашнего задания, знает ответы на контрольные вопросы.	ПК-7 ИДК_{ПК7.2}

Тема или раздел дисциплины	Показатель	Критерий оценивания	Формируемые компетенции и индикаторы
	бароклинного возмущения, может записать изобарическую форму квазигеострофических уравнений.		
Бароклинная динамика	Может описать развитие гидродинамической бароклинной неустойчивости. Понимает использование линейного возмущения функции потока для анализа двухслойной модели возмущения. Знает структуру вертикальных движений в бароклинных волнах. Понимает концепцию доступной потенциальной энергии, применяет уравнение энергии в двухслойной модели. Понимает теорему Рэля для неустойчивости в стратифицированной атмосфере. Понимает проблему устойчивости вихрей. Знает теорию развития нейтральных волн.	Решил задачи домашнего задания, знает ответы на контрольные вопросы.	ПК-7 ИДК_{ПК7.2}
Модели и методы численного прогноза погоды	Понимает концепцию системы усвоения данных, их объективного анализа. Понимает что такое вариационная ассимиляция. Знает проблему решение проблемы начальных колебаний подгонкой данных. Может рассказать особенности глобальных и региональных моделей. Понимает суть конечно-разностного метода, спектрального метода, метода конечных элементов. Понимает причину необходимости параметризации метеорологических процессов. Описывает принципы, на которых основано прогнозирование по	Решил задачи домашнего задания, знает ответы на контрольные вопросы.	ПК-7 ИДК_{ПК7.2}

Тема или раздел дисциплины	Показатель	Критерий оценивания	Формируемые компетенции и индикаторы
	ансамблю, и как такой подход может быть использован для краткосрочного, среднесрочного и долгосрочного прогнозирования. Объясняет научные основы месячного, сезонного и внутригодового прогнозирования.		

Перечень контрольных вопросов и вопросов к экзамену

1. Методы формальной экстраполяции. Перемещение изобар, барических ложбин и гребней.
2. Перемещение барических центров (центров циклонов, антициклонов и деформационных полей). Границы применимости методов формальной экстраполяции.
3. Определение производных первого и второго порядка, осреднённых по территории.
4. Система уравнений гидротермодинамики в декартовой системе координат.
5. Изобарическая система координат. Преимущества использования изобарической системы координат по сравнению с декартовой системой координат. Другие системы координат.
6. Конечно-разностная аппроксимация производных. Существование и единственность решений. Точность численного решения. Аппроксимация, согласованность, устойчивость и сходимость численных решений. Методы проверки численных схем на устойчивость.
7. Конечно-разностная аппроксимация производных по времени. Явные и неявные схемы. Выбор схем интегрирования эволюционных уравнений.
8. Схема решения полной системы уравнений гидротермодинамики в изобарической системе координат.
9. Схемы интегрирования методом расщепления.
10. Спектральные прогностические модели.
11. Региональные и мезомасштабные модели.
12. Долгосрочные и сверхдолгосрочные прогнозы погоды.
13. Система усвоения данных.

Текущий контроль в виде проверки отчета по домашней или самостоятельной работе, предполагает следующие варианты оценивания:

Отметка "отлично" ставится, если студент:

- 1) правильно решил 100% задач;
- 2) самостоятельно изучил тему, вывел нужные соотношения, составил конспект;
- 3) сопроводил полученные результаты алгоритмами и численными данными (python);
- 4) визуализировал результаты (python) и дал необходимые пояснения.

Отметка "хорошо" ставится, если студент выполнил требования к оценке "отлично", но:

- 1) допустил более трёх существенных ошибок в выводах, расчётах или программном коде;
- 2) не вывел соотношения, но понял полученный результат;

Отметка "удовлетворительно" ставится, если студент:

- 1) правильно решил менее 50% задач;
- 2) имеет конспект, но не показывает знаний в рамках самостоятельно изученной темы;

- 3) не сопроводил ни один полученный результат алгоритмом и численными данными;
 4) не сделал визуализацию результата не может дать полных пояснений.
 Отметка "неудовлетворительно" ставится, если студент:
 1) не решил ни одной задачи;
 2) не имеет конспекта самостоятельно изученной темы.

Пример экзаменационного билета

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

Дисциплина Б1.В.10 Численные методы анализа и прогноза погоды

Направление подготовки 05.03.04 Гидрометеорология

1. Наблюдаемая структура внетропической циркуляции.
2. Идеализированная модель бароклинного возмущения.
3. Создать алгоритм, решающий систему уравнений геострофического ветра со слагаемыми кривизны:

$$\frac{Du}{Dt} = 2\Omega \sin(\phi)v + \frac{uv}{r} \operatorname{tg}(\phi)$$

$$\frac{Dv}{Dt} = -2\Omega \sin(\phi)u - \frac{u^2}{r} \operatorname{tg}(\phi)$$

Использовать встроенный в Anaconda метод решения. Визуализировать решения на двумерной плоскости. Задавая различные начальные значения скорости, и широты, показать степень влияния слагаемых кривизны на траектории моделируемых частиц.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если даны правильные ответы на 2 из 2 вопросов, решена задача;
- оценка «хорошо» выставляется студенту, если даны не точные или не полные ответы на 2 из 2 вопросов или задача решена не точно;
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если даны правильные ответы на 1 из 2 вопросов, или только решена задача;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если ответы на вопросы в билете не даны, и задача не решена.

Разработчик:



(подпись)

доцент кафедры метеорологии и физики
околоземного космического пространства

(занимаемая должность)

В.Л. Макухин

(инициалы, фамилия)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 05.03.04 Гидрометеорология, направленность (профиль) «Информационные технологии в метеорологии»

Программа рассмотрена на заседании кафедры метеорологии и физики околоземного космического пространства

«15» мая 2023 г. Протокол № 6

Зав. кафедрой  И.В. Латышева

Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.

**Лист согласования, дополнений и изменений
в рабочую программу дисциплины
на 2024/2025 учебный год**

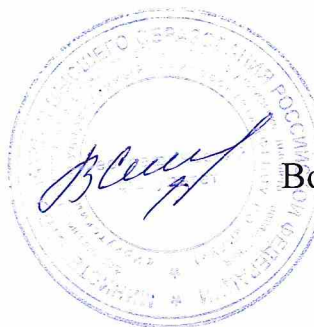
1. Внести изменения:

- 1) наименование п.8.1 «*Оценочные средства (ОС)*» изложить в новой редакции – «*Оценочные материалы (ОМ)*»
- 2) наименование «*Оценочные средства для входного контроля*» изложить в новой редакции - «*Оценочные материалы для входного контроля*»
- 3) наименование «*Оценочные средства текущего контроля*» изложить в новой редакции - «*Оценочные материалы текущего контроля*»

2. Внести дополнения:

- 1) Добавить в п.6.2 Программное обеспечение ссылку на реестр ПО на 2024 г. - <https://isu.ru/export/sites/isu/ru/employee/license/.galleries/docs/Reestr-PO-all-2024.xlsx>

Декан географического факультета



Вологжина С.Ж.