

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт водных проблем Российской академии наук (ИВП РАН)**

УТВЕРЖДАЮ

Директор
Института водных проблем РАН

А.Н. Гельфан

2019 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы численного моделирования динамики речных потоков»

для подготовки аспирантов

Направление подготовки: 08.06.01 Техника и технологии строительства

Направленность (профиль): Гидравлика и инженерная гидрология

Курс 3, семестр 5

Форма обучения: очная

Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Москва, 2019 г.

Составитель рабочей программы: Беликов В.В., д.т.н., профессор

 «06» 06 2019 г.
(подпись)

Программа рассмотрена на заседании кафедры Водных ресурсов

«06» 06 2019 г. (протокол № 6)

Зав. кафедрой Гельман А.Н.
(ФИО, степень, звание, должность)

«06» 06 2019 г.

СОГЛАСОВАНО:

Зав. аспирантурой  И.А. Вартанян
(подпись)

Методист кафедры  Т.Б. Фащевская
(подпись)

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Цели и задачи освоения дисциплины	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	4
3. Требования к результатам освоения дисциплины	4
4. Структура и содержание дисциплины	6
5. Образовательные технологии	10
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	11
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины	12
7.1 Основная литература	12
7.2 Дополнительная литература	12
7.3 Интернет-ресурсы	12
7.4 Программное обеспечение	13
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины	13

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью дисциплины является ознакомление с теоретическими основами численного моделирования динамики речных потоков, принципами адаптации гидродинамических моделей для конкретных участков речных долин для решения научных и прикладных задач.

Задачи освоения дисциплины:

- сформировать базу знаний о математических и численных моделях течений;
- дать представление о методах и технологиях компьютерного моделирования динамики речных потоков;
- способствовать формированию навыков практического применения полученных знаний для исследования паводковых, ветровых и приливных течений в сложных ситуационных условиях с учетом природных и антропогенных воздействий.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы численного моделирования динамики речных потоков» относится к вариативной части дисциплин подготовки аспирантов по направлению 08.06.01 Техника и технологии строительства, профилю «Гидравлика и инженерная гидрология». Индекс дисциплины Б1.В.8.

Для полноценного освоения дисциплины аспирантам необходимо иметь знания по предметам «Динамика речных потоков», «Гидравлика», полученным на предыдущих уровнях образования, а также при изучении в аспирантуре следующих дисциплин: «Речная гидравлика и инженерная гидрология», «Основы геофизической гидродинамики». Дисциплина способствует созданию необходимой базы для успешного освоения аспирантами дисциплин вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)», Блока 3 «Научные исследования» и Блока 4 «Государственная итоговая аттестация».

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- теоретические основы численного моделирования динамики речных потоков;

- принципы адаптации гидродинамических моделей для конкретных участков речных долин;

Уметь:

- формировать требования к исходным данным для гидродинамических моделей в зависимости от ситуационных условий;
- разрабатывать сценарии для моделирования с учетом природных и антропогенных воздействий;
- организовывать процесс исследовательской работы с учетом возможностей гидродинамического моделирования.

Владеть:

- методами численного моделирования динамики речных потоков на базовом уровне;
- навыками построения моделей участков речных долин;
- современными технологиями обработки данных моделирования.

В результате освоения дисциплины у аспиранта должны быть сформированы:

универсальные компетенции (УК):

УК-1 – способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

УК-2 – способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки.

общепрофессиональные компетенции (ОПК):

ОПК-2 – владением культурой научного исследования в области строительства, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий;

ОПК-4 – способностью к профессиональной эксплуатации современного исследовательского оборудования и приборов;

ОПК-5 – способностью профессионально излагать результаты своих исследований и представлять их в виде научных публикаций и презентаций

профессиональные компетенции (ПК):

ПК-1 – владеть методологическими основами и подходами к решению теоретических проблем гидравлики и инженерной гидрологии;

ПК-2 – анализировать, обобщать и систематизировать с применением современных компьютерных технологий результаты научно-исследовательских работ в области повышения надежности и безопасности сооружений и устройств, проводящих жидкости и взаимодействующих с ними;

ПК-3 – способность математически описывать закономерности колебаний речного и стока наносов, морфологические изменения строения русел и пойм водотоков, в бъефах гидроузлов;

ПК-4 – владеть методами выполнения гидродинамических расчетов с использованием современных информационных технологий.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет одну зачетную единицу (36 часов). Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы приведено в таблице 1.

Таблица 1

Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	зач. ед.	час.	семестр
Общая трудоемкость	1	36	36
Аудиторные занятия:		18	18
Лекции (Л)		14	14
Практические занятия (ПЗ)		4	4
Самостоятельная работа (СР):		18	18
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		1.5	1.5
Домашнее задание (ДЗ)		1.5	1.5
Расчетно-графическое задание (РГЗ)		3	3
Тестирование (Т)		1	1
Реферат (Р)		2	2
Подготовка к зачету		9	9
Вид промежуточной аттестации		Зачет	

В таблице 2 приведено распределение трудоемкости разделов дисциплины.

Таблица 2
Распределение трудоемкости разделов дисциплины

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов			Внеб- ауд. работа (СР)	
		Всего	Аудиторная работа			
			Л	ПЗ		
1	Основные уравнения гидромеханики для течений жидкости, алгоритмы их дискретизации и тестирования на аналитических решениях и экспериментальных данных	2.5	2		0.5	
2	Методология и технологии компьютерного моделирования открытых потоков	3.5	2	1	0.5	
3	Примеры численного моделирования для решения задач речной гидравлики разной сложности	4	1	2	1	
4	Течения в деформируемых руслах	6	4	1	1	
5	Разработка и применение компьютерных гидравлических моделей участков рек при проектировании гидротехнических сооружений и оценки параметров волны прорыва	3	2		1	
6	Моделирование ледовых воздействий на гидрологический режим водотоков и гидротермическое моделирование	3	2		1	
7	Моделирование переноса загрязнений и качества воды	1.5			1.5	
8	О соотношении физического и математического моделирования в задачах гидравлики открытых потоков	1.5	1		0.5	
9	Компьютерные программы для расчета открытых потоков	2			2	
Итого:		36	14	4	18	

В таблице 3 приведено содержание разделов дисциплины.

Таблица 3

Содержание разделов дисциплины

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	Основные уравнения гидромеханики для течений жидкости, алгоритмы их дискретизации и тестирования на аналитических решениях и экспериментальных данных	Уравнения Навье-Стокса, уравнения турбулентного движения Рейнольдса. Одномерные и двумерные уравнения Сен-Венана, уравнения мелкой воды. Разностные схемы для численной дискретизации уравнений мелкой воды. Тестирование численных алгоритмов на аналитических решениях и экспериментальных данных	Т
2	Методология и технологии компьютерного моделирования открытых потоков	Область применимости уравнений мелкой воды и их модификаций. Сбор и обработка исходных данных, схематизация объекта исследования, выбор адекватных численных моделей. Генерация неструктурированных адаптивных гибридных сеток. Интерполяция 3D-рельефа в узлы расчетной сетки. Постановка граничных условий для моделирования. Калибровка и верификация компьютерных моделей. Выбор коэффициентов гидравлических сопротивлений	Т
3	Примеры численного моделирования для решения задач речной гидравлики разной сложности	Примеры численного моделирования для решения классических задач речной гидравлики. Моделирование паводковых, ветровых и приливных течений в сложных ситуационных условиях с учетом природных и антропогенных воздействий	РГЗ
4	Течения в деформируемых руслах	Математические и численные модели течений в руслах с деформируемыми берегами и дном. Экспериментальное обоснование применимости численной феноменологической модели. Заилиение и гидравлическая промывка водохранилищ и отстойников. Моделирование развития речных излучин.	РГЗ
5	Разработка и применение компьютерных гидравлических моделей при проектировании гидротехнических сооружений и оценке параметров волны прорыва.	Численное моделирование развития прорана в грунтовой плотине. Балльная система оценки степени возможных разрушений от наводнений и волн прорыва. Примеры расчета параметров прорывных паводков на малом водотоке и крупной реке. Схемы экстренного регулирования Волжско-Камского каскада	ДЗ

6	Моделирование ледовых воздействий на гидрологический режим водотоков и гидротермическое моделирование	Общие принципы и примеры моделирования заторных наводнений. Моделирование в период ледостава. Деформации дна под ледовым покровом. Основные уравнения, граничные условия, численная модель, компьютерная программа и её верификация при гидротермическом моделировании. Примеры моделирования температурных режимов	ДЗ
7	Моделирование переноса загрязнений и качества воды	Основные уравнения и граничные условия Оценка времени добегания загрязнителя по русской сети. Примеры исследований распространения загрязнений по руслам рек	ДЗ
8	О соотношении физического и математического моделирования в задачах гидравлики открытых потоков	Критерии сравнения. Масштабный эффект. Универсальность. Точность. Дальность прогноза (невозможность форсажа). Стоимость. Визуализация результатов.	ДЗ
9	Компьютерные программы для расчета открытых потоков	Обзор (DHI MIKE, FLOW 3D, TELEMAK, HEC-RAS, Прокофьев и др.). RIVER 1D. STREAM 2D, STREAM 3D	Р

В таблице 4 приведены названия практических занятий.

Таблица 4
Практические занятия

№ занятия	№ раздела	Наименование практических/семинарских/лабораторных занятий	Кол-во часов
1	2	Генерация неструктурированных аддитивных гибридных сеток. Интерполяция 3D-рельефа в узлы расчетной сетки.	1
2	3	Моделирование течений на прямолинейном участке реки	2
3	4	Расчет дноуглубляющих и спрямляющих прорезей, берегозащитных сооружений на реках	1

В таблице 5 приведены вопросы, выносимые на самостоятельное изучение.

Таблица 5

Самостоятельное изучение разделов дисциплины

№ раздела	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов
7	Моделирование переноса загрязнений и качества воды	1.5

5. Образовательные технологии

1. *Проблемная лекция – стимулирует творчество, проводится с подготовленной аудиторией, создается ситуация интеллектуального затруднения, проблемы.*
2. *Лекция-визуализация – передача информации посредством схем, таблиц, рисунков, видеоматериалов, проводится по ключевым темам с комментариями.*
3. *Лекция пресс-конференция – лекция по заказу, тема сложная неоднозначная, лекция с обязательными ответами на вопросы.*
4. *Работа в команде – совместная деятельность аспирантов в группе под руководством лидера, направленная на решение общей задачи путем творческого сложения результатов индивидуальной работы членов команды с делением полномочий и ответственности.*
5. *Case-study – анализ реальных проблемных ситуаций, имевших место в соответствующей области профессиональной деятельности, и поиск вариантов лучших решений.*
6. *Проблемное обучение – стимулирование аспирантов к самостоятельному приобретению знаний, необходимых для решения конкретной проблемы.*

5.1 Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях

Семестр	Вид занятия (Л, ПР, ЛР)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
5	Л	Проблемная лекция, лекция-визуализация, лекция пресс-конференция	8
	ПР	Работа в команде, case-study, проблемное обучение	4

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценка уровня освоения дисциплины осуществляется в виде текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации аспирантов (таблица 6).

Таблица 6

Вид контроля	Форма контроля	Оценочные средства	Кол-во
Текущий	Тестирование	Задания в тестовой форме по разделам 1 «Основные уравнения гидромеханики для течений жидкости, алгоритмы их дискретизации и тестирования на аналитических решениях и экспериментальных данных» и 2 «Методология и технологии компьютерного моделирования открытых потоков»	1
	Расчетно-графическое задание	Типовая форма оформления результатов расчетно-графического задания	3
	Домашнее задание	Типовая форма оформления результатов домашнего задания по разделу 5 «Разработка и применение компьютерных гидравлических моделей при проектировании гидротехнических сооружений и оценке параметров волны прорыва»	1
		Типовая форма оформления результатов домашнего задания по разделу 6 «Моделирование ледовых воздействий на гидрологический режим водотоков и гидротермическое моделирование»	1
		Типовая форма оформления результатов домашнего задания по разделу 7 «Моделирование переноса загрязнений и качества воды»	1
		Типовая форма оформления результатов домашнего задания по разделу 8 «О соотношении физического и математического моделирования в задачах гидравлики открытых потоков»	1
	Реферат	Примерный список тем рефератов	10
Промежуточный	Зачет	Вопросы к зачету	15

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

7.1 Основная литература

1. Клавен А.Б., Копалиани З.Д. Экспериментальные исследования и гидравлическое моделирование речных потоков и руслового процесса. СПб: Нестор-История, 2011. 504 с.
2. Зуйков А.Л. Гидравлика: учебник в 2 томах. Т.1: Основы механики жидкости: МГСУ, 2014, 518 с. Т.2 Напорные и открытые потоки. Гидравлика сооружений. МГСУ, 2015. 424 с.

7.2 Дополнительная литература

1. Беликов В.В., Борисова Н.М., Румянцев А.Б., Алексюк А.И. О параметрах волны прорыва 7-го шлюза Канала им. Москвы // Гидротехническое строительство, №7, 2015, с.57-60.
2. Алексеевский Н.И., Крыленко И.Н., Беликов В.В., Кочетков В.В., Норин С.В. Численное гидродинамическое моделирование наводнения в г. Крымске 6-7 июля 2012 г. // Гидротехническое строительство, №3, 2014. С.29-35.
3. Норин С.В., Беликов В.В. Алексюк А.И. Моделирование движения паводковых волн по селитебным территориям // Гидротехническое строительство» 2016, №12. С.15-21.
4. Алексюк А.И., Беликов В.В. Моделирование течений мелкой воды с областями обмеления и разрывами дна // Журнал вычислительной математики и математической физики, 2017, том 57, №2. С.316-338.

7.2 Интернет-ресурсы

1. Документация программного комплекса DHI MIKE 11. URL: <https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-11>
2. Документация программного комплекса DELFT_3D FLOW https://oss.deltares.nl/documents/183920/185723/Delft3D-FLOW_User_Manual.pdf

7.3 Программное обеспечение

1. Вычислительный комплекс TRIANA - генератор сеток треугольных конечных элементов в произвольных плоских областях.
2. Программный комплекс STREAM_2D для расчета течений, деформаций дна и переноса загрязнений в открытых потоках.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	Аудиторный фонд	Оборудование
Лекции	ауд. 416, ул. Губкина, 3	Проектор, экран, компьютер
Практические занятия	ауд. 416, ул. Губкина, 3	Проектор, экран, компьютер, открытый беспроводной доступ в интернет

ПРОТОКОЛ ИЗМЕНЕНИЙ РПД

Дата	Раздел	Изменения	Комментарии