



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України

**Національний університет водного господарства
та природокористування
Навчально-науковий інститут водного господарства
та природооблаштування**

**Кафедра гідроенергетики, теплоенергетики
та гідравлічних машин**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з науково-
педагогічної, методичної
та виховної роботи
_____ О.А. Лагоднюк

“ ____ ” _____ 2018 р.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

01-06-38

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

**ТЕОРІЯ ПОДІБНОСТІ ТА МОДЕЛЮВАННЯ
ГІДРАВЛІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

**SIMILARITY THEORY
AND HYDRAULIC PROCESSES MODELLING**

Спеціальність 145 Гідроенергетика
Specialty 145 Hydropower

Рівне – 2018 рік



Робоча програма навчальної дисципліни “Теорія подібності та моделювання гідравлічних процесів” для студентів, які навчаються за спеціальністю 145 «Гідроенергетика» другого (магістерського) рівня підготовки. – Рівне: НУВГП, 2018. 12 с.

Розробник: Рябенко О.А., професор кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин, д.т.н.

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин

Протокол № 6 від “26” січня 2018 року

Завідувач кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин _____ О.А. Рябенко



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Схвалено науково-методичною комісією за спеціальністю 145 «Гідроенергетика»

Протокол №5 від “26” січня 2018 року

Голова науково-методичної комісії _____ О.А. Рябенко



ВСТУП

Програма вибіркової навчальної дисципліни ”Теорія подібності та моделювання гідравлічних процесів” складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів спеціальності 145 – «Гідроенергетика».

Предметом вивчення навчальної дисципліни є формування у майбутніх магістрів теоретичних знань та практичних навичок в області моделювання різноманітних гідравлічних явищ та процесів на основі теорії їх подібності, а також в області перевірки розрахункових залежностей на базі теорії розмірностей.

Міждисциплінарні зв'язки: дисципліна ”Теорія подібності та моделювання гідравлічних процесів” є складовою частиною циклу фундаментальних дисциплін для підготовки студентів за спеціальністю «Гідроенергетика». Вивчення курсу передбачає наявність систематичних та ґрунтовних знань із раніше вивчених дисциплін «Фізика», «Теоретична механіка», ”Гідравліка”, “Методи і прилади візуалізації течій”, “Основи проектування та експлуатації гідроенергетичних об’єктів”.

Вимоги до знань та умінь визначаються галузевими стандартами вищої освіти України.



Анотація

Багаторічна інженерна діяльність засвідчує, що фахівцям у галузі гідроенергетики постійно необхідно здійснювати пошук оптимальних рішень на етапах проектування, будівництва, реконструкції і експлуатації гідроенергетичних об'єктів. Така робота потребує ґрунтовних знань в області моделювання різноманітних гідравлічних явищ і процесів.

Дисципліна «Теорія подібності і моделювання гідравлічних процесів» є однією з профільюючих дисциплін, що вивчають студенти гідроенергетики. Завдяки їй майбутні фахівці здобувають необхідні знання про теорію подібності та принципи фізичного і математичного моделювання гідравлічних процесів. Отримані знання необхідні для вибору оптимальних гідравлічних режимів роботи споруд та визначення основних характеристик цих режимів. Розглядувана дисципліна є базовою для вивчення предметів «Гідроелектростанції», «Робота гідроенергетичних об'єктів в умовах хвильових процесів» а також необхідна для виконання магістерських робіт. Робоча програма розрахована на студентів, які навчаються за спеціальністю 145 «Гідроенергетика» другого (магістерського) рівня.

Ключові слова: подібність, моделювання, гідравлічні процеси, розмірність, критерії подібності, автомодельність.



Abstract

Engineering work of many years shows that specialists in the field of hydropower engineering always need to search for optimal solutions at the stages of design, construction, reconstruction and operation of hydropower facilities. Such work requires profound knowledge in the field of modelling of various hydraulic phenomena and processes.

The discipline « Similarity theory and modelling of hydraulic processes» is one of main disciplines which are studying by students of specialty hydropower engineering. In virtue of it, future specialists acquire necessary knowledge about theory of similarity and approaches of physical and mathematical simulation of hydraulic processes. The received knowledge is needed to choose optimal hydraulic regimes of building operating and to determine the main characteristics of these processes. Mentioned discipline is basic for learning subject «Hydropower plants», and it is also necessary to fulfilment the master's theses. The program is designed for students studying in specialty 145 «Hydropower engineering» of the second (master's) level.

Key words: similarity, modelling, hydraulic processes, dimension, similarity parameters, self-similarity



1. Опис навчальної дисципліни "Теорія подібності та моделювання гідравлічних процесів"

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4,5	Галузь знань 14 – «Електрична інженерія»	Вибір ВНЗ	
Модулів – 1		Рік підготовки	
Змістових модулів: - 2		5-й	5-й
Загальна кількість годин – 135		Семестр	
		10-й	10
	Лекції		
Тижневих годин: - аудиторних – 3,5 год; - самостійна робота студента – 5 год.	Спеціальність 145 – «Гідроенергетика»	28 год.	2
		Практичні, семінарські	
		26 год.	12
		Самостійна робота	
	Рівень вищої освіти другий (магістерський)	81 год.	121
		Вид контролю: залік	

Примітка.

Співвідношення кількості аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи студентів становить:

- для денної форми навчання 40 % до 60 %;
- для заочної форми навчання 10,4 % до 89,6%.



2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Теорія подібності та моделювання гідравлічних процесів» є формування знань у майбутніх магістрів спеціальності 145 «Гідроенергетика» в області фізичного та математичного моделювання різноманітних гідравлічних явищ та процесів, яке здійснюється на основі теорії подібності цих процесів.

Завданнями навчальної дисципліни «Теорія подібності та моделювання гідравлічних процесів» є вибір оптимальних гідравлічних режимів роботи гідроенергетичних і гідротехнічних споруд та визначення основних характеристик водного потоку в межах цих споруд шляхом проведення фізичного та математичного моделювання; набуття практичних навичок проведення моделювання гідравлічних процесів на основі теорії подібності цих процесів; вміння розв'язувати конкретні задачі, пов'язані з гідравлічними умовами роботи гідроенергетичних об'єктів шляхом моделювання.

У результаті вивчення цього курсу студент повинен:

знати — основи теорії подібності гідравлічних процесів; основні принципи та методи фізичного і математичного моделювання; принципи побудови математичних моделей та основи чисельного моделювання гідравлічних процесів з використанням ЕОМ;

вміти вибирати для конкретних практичних задач визначальні критерії подібності; розраховувати параметри фізичних моделей; перераховувати на натуру результати лабораторних досліджень; правильно задавати початкові і граничні умови при гідравлічному моделюванні, а також при побудові і дослідженнях математичних моделей; оцінювати точність результатів, отриманих в результаті фізичного і математичного моделювання гідравлічних процесів.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Теорія подібності та моделювання

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ № 1. Подібність гідравлічних процесів.

Тема 1. Загальні відомості про гідравлічне моделювання.

Особливості гідравлічного моделювання безнапірних (відкритих), напірних (закритих) потоків та фільтраційних потоків у пористому середовищі. Використання теорії розмірностей для встановлення і перевірки функціональних залежностей гідравлічних процесів.

Тема 2. Теорія подібності гідравлічних процесів.

Подібність фізичних процесів і її види. Умови подібності, константи, індикатори і критерії подібності. Критерії Фруда, Рейнольдса, Вебера,



ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ №2. Фізичне і математичне моделювання

Тема 3. Фізичне моделювання гідравлічних процесів

Критерії подібності гідравлічних процесів, отримувані з диференціальних рівнянь Нав'є – Стокса та Рейнольдса. Критеріальні рівняння. Забезпечення граничних і початкових умов при гідравлічному моделюванні. Несумісність критеріїв подібності. Визначальні критерії подібності та їх вибір. Автомодельні області існування критеріїв подібності. З'язок характеристик натурного і модельного потоків при моделюванні за критеріями Фруда і Рейнольдса. Афінне моделювання. Принципи моделювання гідравлічних процесів за методикою Н.С. Знаменської. Моделювання гідравлічних процесів на повітряних моделях.

Тема 4. Математичне моделювання гідравлічних процесів

Види математичного моделювання. Математичні моделі досліджуваних об'єктів та типи цих моделей. Аналітичне і чисельне математичне моделювання. Обчислювальний експеримент та його етапи. Точність чисельного моделювання. Аналітична математична модель білякритичних течій рідини з врахуванням можливого викривлення елементарних струминок у вертикальній площині в їх початковому перерізі.



4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Теорія подібності і моделювання гідравлічних процесів» для спеціальності 145 «Гідроенергетика»

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усьо- го	у тому числі					усьо- го	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1.												
Тема 1. Загальні відомості про гідравлічне моделювання	23	4	4	-	-	15	28,5	0,5	2	-	-	26
Тема 2. Теорія подібності гідравлічних процесів	38	8	8	-	-	22	40,5	0,5	4	-	-	36
Тема 3. Фізичне моделювання гідравлічних процесів	44	10	10	-	-	24	41,5	0,5	4	-	-	37
Тема 4. Математичне моделювання гідравлічних процесів	30	6	4	-	-	20	24,5	0,5	2	-	-	22
Всього годин:	135	28	26	0	0	81	135	2	12	0	0	121



5. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Теми практичних занять	кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Розрахунок водозливу прямокутної форми поперечного перерізу на основі теорії розмірностей	2	-
2	Розрахунок водозливу довільної форми поперечного перерізу на основі теорії розмірностей	2	2
3	Розрахунок кількості матеріалу при його висипанні через отвір на основі теорії розмірностей	2	-
4	Виведення залежності руху рідини в трубі для ламінарного режиму	2	2
5	Виведення залежності руху рідини в трубі для загального випадку ламінарного чи турбулентного режиму	2	-
6	Виведення залежності випадіння в осад твердого тіла у рідині	2	-
7	Визначення сили опору руху твердого тіла в рідині	2	-
8	Визначення сили опору руху твердого тіла в газі	2	-
9	Визначення параметрів моделі напірного водоводу для умови рівності критерію Рейнольдса на моделі і в натурі	2	2
10	Визначення параметрів моделі напірного водоводу для умови наявності автомодельності на моделі і в натурі	2	2
11	Визначення мінімального масштабу та характеристик потоку на моделі для випадку подачі в канал додаткової витрати	2	2
12	Перерахунок на натуру лабораторних результатів, отриманих на моделі відкритого водоскиду	2	2
13	Перерахунок на натуру сили опору руху автомобіля, виміряній на моделі в аеродинамічній трубі	2	-
Всього:		26	12



6. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Теми самостійної роботи	Кількість годин	
		денна форма	Заочна форма
1	Загальні відомості про гідравлічне моделювання	15	26
2	Теорія подібності гідравлічних процесів	22	36
3	Фізичне моделювання гідравлічних процесів	24	37
4	Математичне моделювання гідравлічних процесів	20	22
Всього:		81	121

7. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Для викладання лекційного курсу розроблений ілюстративний матеріал, періодично здійснюється обговорення контрольних запитань за темами лекцій. На практичних заняттях розв'язуються індивідуальні завдання з поетапною перевіркою результатів і аналізом можливих варіантних рішень.

8. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Контроль знань студентів з навчальної дисципліни здійснюється в усній і письмовій формі при виконанні і захисту індивідуальних завдань під час практичних занять. Контрольні завдання за змістовим модулем включають теоретичну частину (тестові завдання) і практичну частину (розрахункові задачі).

Контроль роботи студентів проводиться за такими видами робіт:

- наявність лекційного матеріалу – шляхом перегляду конспектів;
- робота на практичних заняттях – шляхом усного опитування і перевірки виконаних практичних завдань;
- оцінка за самостійну роботу;
- оцінка за індивідуальну навчально-дослідну роботу;
- підготовка до видання наукових статей, тез для участі в конференціях.

Усі форми контролю включені до 100-бальної шкали оцінювання.

**9. РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ.**

(Максимальна сума балів – 100)

Поточне тестування та самостійна робота				Сума
Змістовий модуль 1		Змістовий модуль 2		100
Теми				
т1	т2	т3	т4	
20	30	20	30	

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Для іспиту, курсового проекту (роботи)	Для заліку
90 - 100	відмінно	зараховано
82 - 89	добре	
74 - 81		
64 - 73		
60 - 63	задовільно	
35 - 39		незадовільно з можливістю повторного складання
1 - 34	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

11. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Методичне забезпечення дисципліни „Теорія подібності та моделювання гідравлічних процесів” включає:

- опорний конспект лекцій на паперовому та електронному носіях;
- комплекти слайдів, плакатів;
- роздатковий матеріал;
- нормативні документи.



12. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова

1. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. – М.: Наука, 1981. – 448с.
2. Гліненко Л.К., Сухоносів О.Г. Основи моделювання технічних систем. - Львів: Бескид Біт, 2003. – 176 с.
3. Лятхер В.М., Прудковський А.М. Гидравлическое моделирование. М.: Энергоатомиздат, 1984.- 392 с.
4. Любарский Г.Я. и др. Математическое моделирование и эксперимент. – К.: Наукова думка, 1987.- 160 с.
5. Чапля Є.Я., Чернуха О.Ю. Фізико-математичне моделювання гетеродифузного масопереносу. – Львів: СПОЛОМ, 2003.- 128 с.

Допоміжна

6. Веников В.А., Веников Г.В. Теория подобия и моделирования. – М.: Высшая школа, 1984. – 439 с.
7. Алабужев П.М. и др. Теория подобия и размерностей. Моделирование. – М.: Высшая школа, 1968. – 208с.
8. Науменко І.І. Технічна механіка рідини і газу. Рівне: РДТУ, 2009. – 376 с.
9. Киреев В.И., Пантелеев А.В. Численные методы в примерах и задачах. М.: Высшая школа, 2006. – 480 с.

13. Інформаційні ресурси

1. Стандарт вищої освіти друго (магістерського) рівня освіти галузі знань 14 “Електрична інженерія” спеціальності 145 “Гідроенергетика”. – Київ, 2016. - 20с.
2. Наукова бібліотека НУВГП (33000 м. Рівне, вул. Олексі Новака, 75) / (Електронний ресурс). – Режим доступу: http://nuwm.edu.ua/naukova_biblioteka/
<http://ep3.nuwm.edu.ua/cgi/stats/report/authors/1782d145acd7cea30a13621693953d0a/>.
3. Веб-сторінка ПАТ «Укргідроенерго». / (Електронний ресурс). – Режим доступу: <http://uge.gov.ua/>.
4. Веб-сторінка ПАТ «Укргідропроєкт». / (Електронний ресурс). – Режим доступу: <http://uhp.karkov.ua/ua/>.

Професор кафедри гідроенергетики
теплоенергетики та гідравлічних машин, д.т.н.

О.А. Рябенко