

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**Резва Ксенія Сергіївна**

УДК 621.224

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОТОЧНИХ ЧАСТИН ВИСОКОНАПІРНИХ  
ОБОРОТНИХ ГІДРОМАШИН НА ОСНОВІ ЧИСЕЛЬНОГО  
МОДЕЛЮВАННЯ ЇХ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати

13 «Механічна інженерія»

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

---

К. С. Резва

Науковий керівник: Дранковський Віктор Едуардович, кандидат технічних наук, доцент

Харків – 2018

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	5
ІНДЕКСИ.....	6
СКОРОЧЕННЯ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	15
1.1 Тенденції розвитку гідроенергетики в Україні.....	15
1.2 Роль гідроакумуючих електростанцій в роботі енергосистем.....	17
1.3 Огляд методів гідродинамічного розрахунку гідромашин та дослідження їх робочого процесу.....	19
1.4 Дослідження балансу енергії оборотних гідромашин для визначення втрат в елементах проточної частини.....	25
1.4.1 Визначення гідравлічного ККД насос-турбіни.....	27
1.4.2 Розподіл гідравлічних втрат в проточній частині в турбінному та насосному режимах роботи гідромашини.....	34
1.5 Висновки .....	37
РОЗДІЛ 2 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРТНИХ ГІДРОМАШИН НА ОСНОВІ БЛОЧНО-ІЄРАРХІЧНОГО ПІДХОДУ ОПИСАННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ В ПРОТОЧНІЙ ЧАСТИНІ.....	39
2.1 Особливості методу безрозмірних осереднених параметрів.....	39
2.2 Використання блочно-ієрархічного методу для математичного опису робочого процесу оборотної гідромашини.....	43
2.3 Загальна структура математичного опису робочого процесу оборотної гідромашини в насосному режимі.....	46
2.4 Загальна структура математичного опису робочого процесу оборотної гідромашини в турбінному режимі.....	50
2.5 Розрахунок втрат методом осереднених безрозмірних параметрів.....	53

2.5.1 Математичне моделювання опору у підводі проточної частини оборотної гідромашини.....	53
2.5.2 Математичне моделювання опору у лопатевій системі проточної частини оборотної гідромашини.....	67
2.5.3 Розрахунок втрат в елементах проточної частини оборотної гідромашини ОРО200-В-100.....	70
2.6 Висновки.....	75
<b>РОЗДІЛ 3 ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ ТЕЧІЇ РІДИНИ У ПРОТОЧНІЙ ЧАСТИНІ ОБОРотної ГІДРОМАШИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ПАКЕТУ ПРОГРАМ CFD.....</b>	<b>77</b>
3.1 Методика проведення чисельного дослідження просторової течії в проточних частинах гідромашин.....	77
3.2 Створення об'ємної (геометричної) моделі об'єкту, який розглядається.....	79
3.3 Вибір математичної моделі руху рідини в елементах проточної частини.....	82
3.4 Задання параметрів розрахункової сітки.....	84
3.5 Моделювання турбулентності.....	88
3.6 Задання граничних умов.....	94
3.7 Результати чисельного дослідження.....	94
3.7.1 Результати дослідження тривимірної течії в проточній частині оборотної гідромашини ОРО200-В-100 в турбінному режимі роботи.....	94
3.7.2 Результати дослідження проточної частини оборотної гідромашини ОРО200-В-100 в насосному режимі роботи.....	105
3.8 Висновки.....	109
<b>РОЗДІЛ 4 МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИСОКОНАПІРНИХ ОБОРотної ГІДРОМАШИН НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ.....</b>	<b>111</b>

4.1	Моделювання гідродинамічних параметрів в елементах проточної частини на основі різних математичних моделей.....	111
4.2	Порівняльний аналіз результатів досліджень потоку в проточній частині оборотної гідромашини.....	113
4.2.1	Аналіз результатів дослідження потоку в турбінному режимі роботи оборотної гідромашини.....	113
4.2.2	Аналіз результатів дослідження потоку в насосному режимі роботи оборотної гідромашини.....	115
4.3	Чисельне дослідження робочого процесу в проточній частині оборотної гідромашини ОРО500-В-100.....	116
4.3.1	Розрахунок втрат на основі методу просторової течії.....	117
4.3.2	Розрахунок втрат на основі методу осереднених безрозмірних параметрів.....	120
4.3.3	Аналіз результатів дослідження потоку в турбінному режимі роботи оборотної гідромашини ОРО500-В-100.....	125
4.3.4	Аналіз результатів дослідження потоку в насосному режимі роботи оборотної гідромашини ОРО500-В-100.....	126
4.4	Визначення оптимального режиму роботи гідромашини на основі методу осереднених безрозмірних параметрів.....	129
4.4.1	Рекомендації щодо проведення вибору режимних параметрів.....	129
4.4.2	Розрахунок втрат модифікованого підводу проточної частини.....	135
4.5	Висновки.....	140
	ВИСНОВКИ.....	142
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	145
	Додаток А.....	165
	Додаток Б.....	166
	Додаток В.....	167
	Додаток Г.....	168