

**ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАШИНОБУДУВАННЯ ім. А.М. ПІДГОРНОГО  
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ**

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

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

Рябова Світлана Олександрівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.224

**ДИСЕРТАЦІЯ**

Гідродинамічне удосконалення поворотно-лопатевої гідротурбіни на  
основі використання просторового профілювання лопатей робочого колеса

(назва дисертації)

05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати

(шифр і назва спеціальності)

13 «Механічна інженерія»

(галузь знань)

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

С.О. Рябова

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник Русанов Андрій Вікторович,  
член-кореспондент НАН України, доктор технічних наук, професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Харків – 2017

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	5
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ГІДРОДИНАМІЧНОГО УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОТОЧНИХ ЧАСТИН ПОТУЖНИХ ПОВОРОТНО-ЛОПАТЕВИХ ГІДРОТУРБІН	14
1.1 Технічний стан парку гідротурбін гідроелектростанцій України	14
1.1.1 Напрямки розвитку гідроенергетики України	14
1.1.2 Технічний стан гідроенергетичного обладнання Дніпровського і Дністровського каскадів	16
1.2 Методи дослідження гідродинамічних процесів в проточних частинах осьових гідротурбін	19
1.2.1 Особливості течії в поворотно-лопатевиx гідротурбінах	19
1.2.2 Експериментальні дослідження фізичних процесів в проточних частинах гідротурбін	20
1.2.3 Чисельні дослідження течії рідини в проточних частинах гідротурбін	25
1.3 Напрямки та підходи до гідродинамічного удосконалення проточних частин поворотно-лопатевиx гідротурбін	33
1.4 Висновки по першому розділу	41
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОСТОРОВИХ В'ЯЗКИХ ТЕЧІЙ НЕСТИСЛИВОЇ РІДИНИ В ПРОТОЧНИХ ЧАСТИНАХ ОСЬОВИХ ГІДРОТУРБІН	42
2.1 Метод розрахункового дослідження просторових в'язких течій нестисливої рідини в проточних частинах гідротурбін	42
2.1.1 Система рівнянь Рейнольдса з коефіцієнтом штучної стисливості	42
2.1.2 Моделювання турбулентності	50
2.1.3 Граничні умови. Чисельна схема	52

2.1.4 Апробація чисельного методу	54
2.2 Методи експериментальних досліджень течії рідини в проточних частинах осьових гідротурбін	58
2.2.1 Експериментальний гідродинамічний стенд ЕКС-100 ПАТ «Турбоатом»	58
2.2.2 Методика проведення випробувань гідротурбін на гідродинамічному стенді	63
2.2.3 Результати експериментальних досліджень моделей низьконапірних гідротурбін для модернізації Кременчуцької ГЕС	66
2.3 Висновки по другому розділу	72
<b>РАЗДЕЛ 3 ЧИСЕЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕЧІЇ РІДИНИ В ПРОТОЧНІЙ ЧАСТИНІ ГІДРОТУРБИНИ КРЕМЕНЧУЦЬКОЇ ГЕС</b>	<b>74</b>
3.1 Об'єкт дослідження. Умови проведення розрахунків	74
3.2 Результати гідродинамічного розрахунку потоку в елементах проточної частини	77
3.2.1 Спиральна камера зі статором	77
3.2.2 Направляючий апарат	80
3.2.3 Робоче колесо	85
3.2.4 Відсмоктувальна труба	92
3.3 Інтегральні енерго-кавітаційні характеристики елементів проточної частини	95
3.4 Порівняння результатів розрахункових та експериментальних досліджень в зоні робочих режимів експлуатації гідротурбіни	99
3.5 Висновки по третьому розділу	101
<b>РОЗДІЛ 4 ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРОСТОРОВОГО ПРОФІЛЮВАННЯ ЛОПАТЕЙ РОБОЧОГО КОЛЕСА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОТОКА В ПРОТОЧНІЙ ЧАСТИНІ ГІДРОТУРБИНИ</b>	<b>102</b>
4.1 Методика просторового профілювання лопатей робочого колеса	102

осьової гідротурбіни за допомогою навалів	
4.2 Методика проведення чисельного експерименту	104
4.3 Вплив окружного навалу лопатей робочого колеса на структуру потоку та енергетичні характеристики проточної частини	105
4.4 Вплив осьового навалу лопатей робочого колеса на структуру потоку та енергетичні характеристики проточної частини	117
4.5 Вплив комбінованого навалу лопатей робочого колеса на енергетичні показники проточної частини гідротурбіни	126
4.6 Висновки по четвертому розділу	128
ВИСНОВКИ	130
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	132
ДОДАТКИ	155