

ЗНОШУВАННЯ ШВИДКОХІДНИХ ТУРБІН РІЧКОВИХ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ПОДІЛЛЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Дослідження довговічності роторів гідравлічних турбін річкових гідроелектростанцій Подільського регіону виявило вплив комплексу факторів. Аналіз геометрії та стану робочих поверхонь виявив значне пошкодження наявними у воді абразивними частками та кавітацією. Показано, що профіль робочих коліс змінюється під час експлуатації нерівномірно. Відзначається, що передня поверхня зношена переважно за абразивним механізмом, який відзначається наявністю різної глибини подряпин та заглиблень, які повторюють траєкторію струменів води з твердими включеннями. Зворотний бік лопатей має вигляд ландшафту з великою кількістю кратерів та заглиблень. При цьому шорсткість поверхні від $R_a0,63$ на новому робочому колесі погіршується до R_z320 на зношеному. Найбільший знос спостерігається біля робочих крайок коліс, де трапляються також місця з пошкодженням гідроерозією. Аналіз вказує на різні механізми руйнування поверхонь та вимоги до фізико-механічних характеристик матеріалів різних робочих поверхонь. Запропоновано модель пошкоджуваності поверхонь робочих коліс гідроагрегатів, що працюють у воді з абразивними частками.

Ключові слова: гідравлічна турбіна, робоче колесо, кавітація, абразивні частинки, зношування, наноси

Abstract

The study of the durability of the rotors of hydraulic turbines of river hydroelectric power stations in the Podilsk region revealed the influence of a complex of factors. Analysis of the geometry and state of the working surfaces revealed significant damage by abrasive particles and cavitation present in the water. It is shown that the profile of the working wheels changes unevenly during operation. It is noted that the front surface is worn mainly by an abrasive mechanism, which is characterized by the presence of scratches and depressions of different depths, which repeat the trajectory of water jets with solid inclusions. The reverse side of the blades has the appearance of a landscape with a large number of craters and depressions. At the same time, the surface roughness from $Ra0.63$ on a new impeller deteriorates to R_z320 on a worn one. The greatest wear is observed near the working edges of the wheels, where there are also places with hydroerosion damage. The analysis points to different mechanisms of destruction of surfaces and requirements for physical and mechanical characteristics of materials of different working surfaces. A model of damage to the surfaces of the working wheels of hydraulic units operating in water with abrasive particles is proposed.

Keywords: hydraulic turbine, impeller, cavitation, abrasive particles, wear, deposits.

На зношування робочого колеса гідравлічної турбіни впливає швидкість потоку води відносно його поверхонь та її фізико-хімічний склад. Відносна швидкість потоку відносно колеса турбіни функціонально залежить від гідростатичного напору води, втрат на гідравлічних опорах у каналах підведення та навантаження, яке знімає енергію з колеса на електричний генератор. Навантаження на робоче колесо та тертя у його опорах загальмовують його, що збільшує відносну швидкість руху потоків води та зважених у ній абразивних часток відносно його поверхонь.

Серед основних складових зносу робочого колеса гідравлічної турбіни потрібно виділити гідроабразивний, корозійний, кавітаційний та гідроерозійний. Корозійне зношування гальмують шляхом застосування високолегованих, нержавіючих матеріалів або наплавлень.

На пошкодження металу деталей турбін впливає хімічна дія кавітації. Це зумовлено тим, що кисень повітря під час його виділення з води, взаємодіє з парою, газами і твердими поверхнями за умов значних градієнтів тиску та температури, стає хімічно активованим. Але головною причиною руйнування металу потрібно вважати механічний вплив вібрацій на робочі поверхні обтічних тіл, що знаходяться в кавітаційній зоні.

Експериментально встановлено, що на колесах гідравлічних турбін всіх конструкцій та різних виробників, які ми досліджували, найбільший за величиною знос зафіксовано на периферійних ділянках лопатей. При цьому гострокутний профіль лопаток поступово зношується і набуває криволінійної форми.

Важливу роль у деградації матеріалів та їх зношуванні відіграють пружні хвилі деформацій на поверхнях та у глибині. Традиційні технології зміцнення та підвищення зносостійкості за рахунок поверхневого та об'ємного гартування приносять обмежений позитивний ефект внаслідок розміцнення під впливом ударної дії кавітації під час роботи, що супроводжується різними фазовими переходами та руйнуванням крихких фаз.

Для відновлення та зміцнення робочих поверхонь розроблена нова технологія наплавлення поверхонь з комплексним легуванням шляхом застосування легувальних електродних стрічок [1, 2].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пат. 154633 UA, МПК В23К 35/36. Гнучка електродна стрічка [Текст] / В. І. Савуляк, В. Й. Шенфельд, М. С. Дмитрієв (Україна). – № u 2023 01401 ; заявл. 03. 04. 2023 ; опубл. 29.11.2023, Бюл. № 48. – 4 с. : кресл.

2. Пат. 154634 UA, МПК В23К 35/36. Спосіб наплавлення на поверхню металевих виробів [Текст] / В. І. Савуляк, В. Й. Шенфельд, М. С. Дмитрієв (Україна). – № u 2023 01419 ; заявл. 03.04. 2023 ; опубл. 29.11.2023, Бюл. № 48. – 4 с. : кресл.

Савуляк Валерій Іванович – д.т.н., професор, професор кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет. Вінниця, e-mail: korsav84@gmail.com

Дмитрієв Максим Володимирович - аспірант кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет

Шаргородський Костянтин Сергійович – аспірант кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет