

ГІДРОТЕХНІКА

УДК 621.674.001.5

Нестеренко В. П., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НАСОСНОГО БЛОКА ПРИ ЙОГО РОБОТІ В ТУРБІННОМУ РЕЖИМІ

Наведені результати енергетичних досліджень в прямому турбінному режимі насосного блока з горизонтальним капсульним агрегатом при додатковій подачі води паралельно зовнішній стінці його кільцевої дифузornoї ділянки за робочим колесом.

Ключові слова: енергетична установка, енергетичні дослідження, пристінна зона, кільцева дифузorna ділянка, проточна частина, коефіцієнт корисної дії.

В останні десятиліття в Україні, як і багатьох інших країнах, підвищилась зацікавленість у використанні гідроенергетичних ресурсів малих і навіть зовсім малих річок. Це викликано помітним виснаженням ресурсів крупних водотоків, посиленням вимог з підтримки екологічної рівноваги й охорони довкілля, труднощами енергопостачання споживачів ізольованих або віддалених від магістральних електромереж. У багатьох промислово розвинених країнах проводяться роботи зі спорудження малих і мікро ГЕС (МГЕС), призначених для постачання електроенергією сільськогосподарських підприємств і населення. Важливим фактором, що стимулює впровадження цих установок, є зростання цін на нафтопродукти, внаслідок чого значно знизилася конкурентоздатність дизельних електростанцій.

В практиці будівництва і особливо відновлення функціонування гідроелектростанцій невеликої потужності з реконструкцією споруд і обладнання є приклади використання насосних агрегатів в якості гідротурбінних [1; 2; 3]. При цьому вартість останніх є в 1,5...2 рази меншою, зважаючи на налагоджене серійне їх виробництво у великих кількостях. Таким чином, можливість використання на малих ГЭС замість турбінного – промислового насосного устаткування, що випускається по набагато більшій номенклатурі ніж чисто турбінне обладнання і має у зв'язку з цим суттєво меншу вартість, є актуальною. Велика номенклатура насосів і електродвигунів, їх значно менша ва-

ртість і досить високі ККД в режимах вироблення енергії, забезпечує суттєве зменшення вартості 1 кВт·год виробленої електроенергії в порівнянні з МГЭС такої ж потужності із звичайним турбінним устаткуванням.

При гідравлічних дослідженнях насосних горизонтальних капсульних агрегатів в турбінних режимах [4] встановлено, що втрати енергії у вхідній частині насосів, яка виконує при цьому функцію усмоктувальної труби (УТ), складають 25...40% загальних втрат у ній.

Відомо також [5; 6], що загальні втрати енергії у УТ умовно розділяються на втрати у вихідному перерізі, втрати циркуляційні й інші втрати, які визначаються внутрішнім тертям рідини і по стінках проточної частини, дифузорним розширенням, вихровими втратами внаслідок відриву потоку від стінок проточної частини, в основному у дифузорній ділянці тощо.

Аналіз отриманих експериментальних даних показав, що для всіх досліджених агрегатів на вихрові втрати енергії внаслідок відриву потоку від стінок проточної частини припадає до 20...30% загальних втрат у УТ [4]. Відповідно, одним з можливих шляхів підвищення енергетичних показників насосних блоків з горизонтальними капсульними агрегатами при їх роботі в турбінних режимах можуть бути відомі методи зменшення саме цих втрат. Відмітимо, що дифузорна ділянка проточної частини є і у інших динамічних насосів (вертикальних осьових і відцентрових), експлуатація яких в якості турбін вже реалізована на практиці [1; 2; 3].

В наш час відомо багато способів покращення енергетичних характеристик дифузорів, фізична сутність яких полягає або у наданні рідині додаткової енергії або у зміні характеристик течії [5; 6]. Одним з числа відомих є спосіб збільшення енергії пограничного шару за рахунок подачі струменів рідини з великою швидкістю паралельно стінкам дифузора [5; 6]. На основі цього методу автором даної статті розроблено і досліджено конструкцію оборотної енергетичної установки, яка забезпечила підвищення її енергетичних показників в прямому турбінному режимі.

Суть запропонованої конструкції полягає в тому, що при роботі насосного агрегата у турбінному режимі в його вихідній дифузорній проточній частині відкривається щілина, через яку здійснюється подача води у її пристінну зону, в результаті чого зменшуються втрати енергії у цій частині УТ і, як наслідок, підвищується ККД гідроенергетичної установки. При цьому відбір додаткового потоку води для її подачі у пристінну зону може здійснюватись через спеціальні кана-

ли, які можливо виконати в статорних колонах агрегата. При роботі агрегата в насосному режимі щілина автоматично закривається і його проточна частина приймає сприятливі у гідравлічному плані обриси.

Дослідження впливу подачі води у пристінну зону дифузорної проточної частини насосного блока напіввідкритого типу на його енергетичні показники в турбінних режимах виконувались на експериментальному стенді кафедри гідроенергетики, теплоенергетики і гідравлічних машин НУВГП. При цьому досліджуваний блок обладнувався системою відбору і подачі додаткового потоку води. Для цього слугував вторинний контур, який складався з труби з вентилям і пристроєм Вентурі для заміру витрати, а також системи трубопроводів для відбору і подачі води у пристінну зону проточної частини насоса. Вода після проходження форкамери (рис. 1) прискорювалась в каналі з кільцевою щілиною, що звужується.

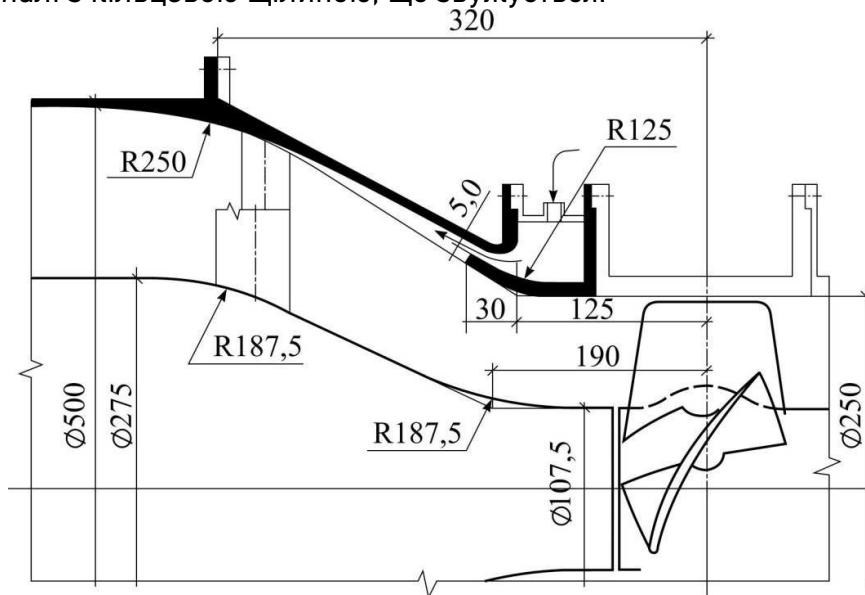


Рис. 1. Пристрій щілини подачі додаткового потоку рідини

Енергетичні характеристики гідроагрегатного блоку в турбінному режимі отримані при постійній середній швидкості додаткового потоку на виході з щілини $v = 3,85$ м/с. Середня швидкість основного потоку змінювалась у межах $v = 2,1 \dots 2,8$ м/с. Основні конструктивні розміри щілини подачі додаткового потоку і його параметри прийняті на основі [5; 6].

З енергетичних характеристик дослідженого насосного агрегата в турбінних режимах, представлених на рис. 2, видно, що при всіх кутах установки лопатей робочого колеса подача води у пристінну зону кільцевої дифузорної ділянки його проточної частини призво-

дить до збільшення ККД блока приблизно 0,5...4,0%. Збільшення ККД блока пояснюється тим, що при додатковій подачі води у пристінну зону кільцевої дифузornoї ділянки його проточної частини відбувається зміщення зони відриву основного потоку від зовнішніх стінок кільцевого дифузора в сторону вихідного перерізу. При цьому збільшується коефіцієнт відновлення кінетичної енергії потоку за рахунок зменшення довжини кільцевої дифузornoї ділянки, де утворюються вихори, що, в свою чергу, призводить до зменшення втрат енергії на цій ділянці проточної частини і, як наслідок до збільшення ККД. Відмітимо також, що більші прирости ККД відповідають меншим кутам φ установки лопатей робочого колеса, що пояснюється меншою закруткою основного потоку при цих кутах, додатковий же потік у пристінній зоні практично не має закрутки. При цьому з'єднання цих потоків супроводжується меншою інтенсивністю утворення вихорів і зменшенням втрат енергії.

Можна відмітити також, що для кожного режиму роботи блока існує своє оптимальне співвідношення середніх швидкостей основного і додаткового потоків. При цьому більший приріст ККД відповідає меншим значенням середньої швидкості основного потоку (середня швидкість виходу додаткового потоку з кільцевої щілини підтримувалась постійною).

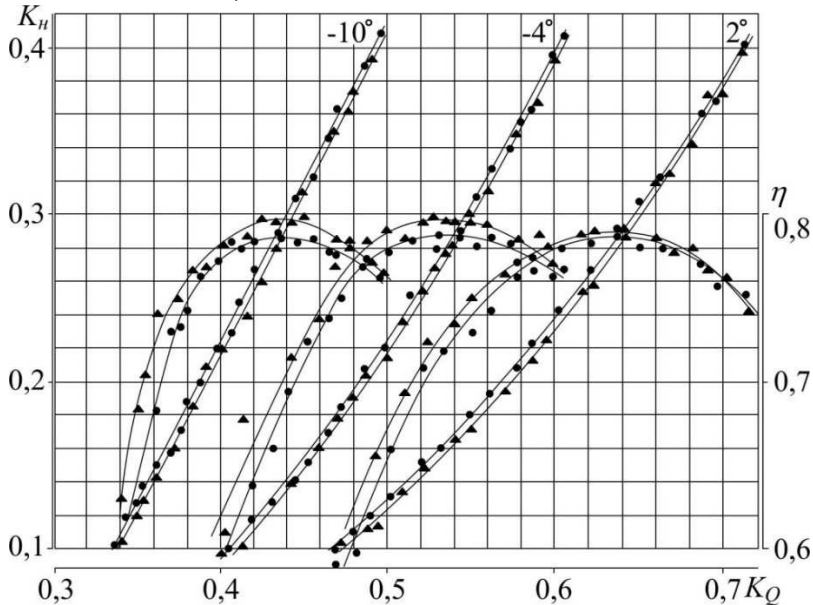


Рис. 2. Енергетичні характеристики дослідженого блока в турбінному режимі

- ▲ – з подачею додаткової води в пристінну зону;
- – без подачі додаткової води в пристінну зону

Дослідження показали також, що подача додаткового потоку води у пристінну зону кільцевої дифузорної ділянки проточної частини призводить до збільшення пропускної здатності блока. Для всіх кутів установки лопатей РК приріст пропускної здатності $\Delta K_Q \approx 0,04$, що пояснюється також зменшенням втрат енергії і збільшенням коефіцієнта відновлення кінетичної енергії потоку в УТ.

Висновки

1. Досліджена конструкція оборотної енергетичної установки забезпечує підвищення її енергетичних показників в прямому турбінному режимі.

2. Застосування способу додаткової подачі води у пристінну зону кільцевої дифузорної ділянки проточної частини дослідженої енергетичної установки призводить до збільшення її ККД блока приблизно 0,5...4,0% і пропускної здатності для всіх кутів установки лопатей РК ($\Delta K_Q \approx 0,04$).

1. Крисенков М., Нестеренко В., Охримчук Д. До питання застосування насосних агрегатів в якості гідротурбінних при реконструкції існуючих та будівництві малих гідроелектростанцій. *Вісник. НУВГП*. Вип. 3(47). Рівне, 2009. С. 357–367. 2. Берлін В. В., Муравьев О. А. Ввод в эксплуатацию первой в СНГ малой ГЭС с насосами и двигателями в качестве турбин и генераторы. *Гидротехническое строительство*. 1993. № 4. 3. П. Купер, М. Мак-Кормик, Р. Воурси. Возможность использования крупных вертикальных насосов в качестве турбин для небольших ГЭС. «Инджерсон Рэнд Рисерг Инкорпорэйтэд». *Конференция по гидроэнергетике*. Вашингтон, Федеральный округ Колумбия (США), 1985. С. 96–100. 4. Нестеренко В. П. Энергогидравлические характеристики конструкций входной части насосных блоков с горизонтальными капсульными агрегатами в обратимых режимах : автореф. дис. канд. техн. наук. Ровно, 1989. 18 с. 5. Никол В. В., Рамопрям В. Р. Характеристики конических диффузоров с кольцевым вдувом на входе. *Тр. Американского общества инженеров-механиков*. Сер.: Теоретические основы инженерных расчетов. 1970. Том 92. Вып. 4. С. 131–139. 6. Франкфурт М. О. Эффективность тангенциального сдува пограничного слоя в конических диффузорах. *Ученые записки ЦАГИ*. 1973. Том 4. № 5. С. 50–55.

Рецензент: д.т.н., професор Рябенко О. А. (НУВГП)

Nesterenko V. P., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

EFFICIENCY INCREASE OF PUMPING BLOCK DURING ITS WORK IN TURBINE REGIME

Results over of power researches are brought in the direct turbine regime of pumping block with a horizontal capsule aggregate at the additional serve of water in parallel to the external wall of his circular diffuser area after a driving wheel.

***Keywords:* power plant, power researches, running part, coefficient of performance.**

Нестеренко В. П., к.т.н., доцент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

УВЕЛИЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАСОСНОГО БЛОКА ПРИ ЕГО РАБОТЕ В ТУРБИННОМ РЕЖИМЕ

Приведены результаты энергетических исследований в прямом турбинном режиме насосного блока с горизонтальным капсульным агрегатом при дополнительной подаче воды параллельно внешней стенке его кольцевого диффузорного участка за рабочим колесом.

***Ключевые слова:* энергетическая установка, энергетические исследования, проточная часть, коэффициент полезного действия.**
