

## **УДК 621.674.001.5**

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

### **РЕЗУЛЬТАТИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАСОСНИХ БЛОКІВ З ГОРИЗОНТАЛЬНИМ КАПСУЛЬНИМ АГРЕГАТОМ В ТУРБІННИХ РЕЖИМАХ**

**Наведено досвід застосування для малих ГЕС промислових насосних агрегатів в якості турбінних. Приведені результати і аналіз експериментальних енергетичних досліджень горизонтальних капсульних насосів в прямому турбінному режимі і підтверджена доцільність їх застосування в якості гідротурбінних агрегатів.**

***Ключові слова:* енергетичні дослідження, горизонтальні капсульні агрегати, турбінні режими, універсальна енергетична характеристика, коефіцієнт корисної дії.**

Загальна мета енергетичної політики України – це максимально ефективно використання всього енергетичного потенціалу держави. В число пріоритетних задач входить і регіональний аспект забезпечення енергетичної безпеки, у тому числі зниження залежності регіонів від зовнішніх поставок палива.

Хоча Україна в основному орієнтує свою енергетичну стратегію на традиційні джерела енергії – крупні ТЕЦ і АЕС, розвитку малої відновлюваної енергетики (сонячної, вітрової і гідравлічної) приділяється все більше уваги, особливо в останній час. Так, за даними [1], в Україні частка електроенергії, отриманої від енергії сонця і вітру в 2030 році має становити 15%. Приблизно така ж ситуація спостерігається і в малій гідроенергетиці, в яку останнім часом надходить все більше інвестицій.

Відносно конструкцій гідроагрегатів малих і мікро ГЕС можна зазначити наступне.

Існують різні конструкції гідротурбін, що відповідають різним швидкостям течії і напорам води.

Вісь обертання турбін, розрахованих на велику витрату і малий напір, звичайно розташовують горизонтально. Такі турбіни називають осьовими або пропелерними. Розрахунковий діапазон напору для горизонтальних осьових турбін складає 3-15 м.

Відомо [2], що у 70-ті роки минулого століття в Радянському Союзі навіть підприємства сільськогосподарського машинобудування серійно випускали цілий ряд мікро ГЕС від 1 до 100 кВт. Наряду з мікро ГЕС гірляндного типу були розроблені так звані рукавні конструкції гідроагрегатних блоків. Якщо в наявності був струмок води з дебетом більше 50 л/с, то міні ГЕС можна було спорудити, проклавши трубу-шланг (рукав) з перепадом висот 4,0-5,0 м. В якості генераторів використовувались звичайні трифазні асинхронні двигуни з реактивним збудженням від паралельно підключених до їх обмоток конденсаторів, з розрахунку 7 мкф на 100 ВТ потужності однієї обмотки. Результати експлуатації були відмінні, тому що форма напруги і струму виходила кращою навіть ніж при використанні синхронних генераторів. Якщо вхід у «рукав» захоплює найбільш швидку частину течії ріки, і вода по звуженому каналу підводиться до турбіни, то при цьому швидкість цього потоку на лопатках турбіни може бути набагато більшою ніж навіть на напірній ГЕС з її високою греблею. Це пояснюється тим, що кінетична енергія потоку є квадратичною функцією від швидкості. Тобто при збільшенні швидкості потоку в 2 рази, кількість виробленої енергії збільшиться у 4 рази при одній і тій же витраті води.

Сучасну конструкцію рукавної ГЕС представлено на рис. 1 [2].

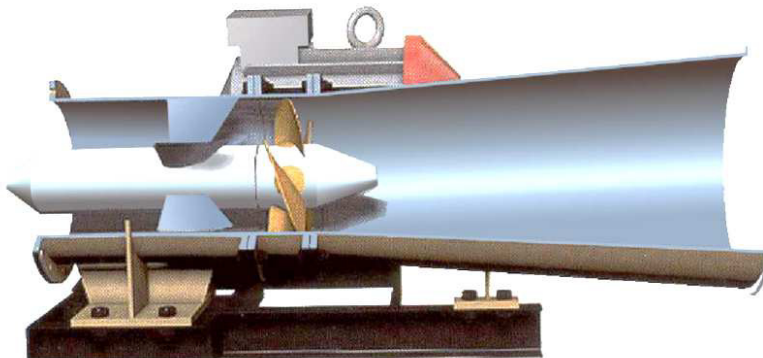


Рис. 1. Рукавна міні ГЕС промислового виробництва

Для ефективної роботи рукавних ГЕС достатньо мати струмок (або іншу водойму) з перепадом рівнів в 1-2 м і витратою до 90 л/с. Такі установки особливо ефектні в умовах горбистої місцевості.

Як було відмічено, для малих напорів 3-15 м найбільш ефективними вважаються осьові горизонтальні турбіни, хоча останнім часом з'явилась інформація про розробку гідротурбін, які здатні виробляти електроенергію з достатньо високим коефіцієнтом корисної дії

(ККД), на водних потоках, з напором і швидкістю води, при яких всі відомі конструкції гідротурбін взагалі не працюють [2].

В контексті викладеного можна додати, що в Україні останнім часом проявляється також суттєва зацікавленість інвесторів можливостями спорудження мікро ГЕС а також до відновлення функціонування гідроелектростанцій невеликої потужності з реконструкцією споруд і обладнання, яка полягає в заміні штатного обладнання сучасним. Одним з шляхів вирішення питання заміни гідротурбінних агрегатів є застосування насосного обладнання в якості гідроенергетичного. Окремими прикладами малих ГЕС, де реалізована така концепція є:

- каскад із 16 МГЕС на р. Масієн (Франція), із застосуванням сифонних установок на базі проточної частини капсульного насоса [5];

- ГЕС «Френч Лендінг» в Уейн Каунті, штат Мічіган США, із застосуванням в якості гідроенергетичного обладнання осьових вертикальних насосів [5];

Добромислянська мала ГЕС на р. Черниця, республіка Білорусь, з двома осьовими вертикальними насосними агрегатами в якості гідротурбінних [3].

Відносно низька вартість виготовлення та транспортування, простота конструкції, а відповідно монтажу і обслуговування обладнання, прискорення пуску і ремонту агрегатів за рахунок блочно-комплектної схеми монтажних-демонтажних робіт, жорсткий зв'язок витрат і напору при відповідній частоті обертання робочого колеса насоса є суттєвими перевагами, що можуть вирішити питання застосування насосних агрегатів в якості гідротурбін.

При виборі насосів для роботи в турбінних режимах необхідно враховувати задачі, серед яких є:

- обґрунтування для осьових насосів кутів установки лопатей робочих коліс і частоти обертання з метою забезпечення оптимальних режимів їх роботи;

- оптимізація геометрії вихідної частини насосного блока з врахуванням його роботи в турбінному режимі та ряд інших.

В зв'язку з вищевикладеним і в плані вирішення наведених задач на кафедрі гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин НУВГП проведено модельні енергетичні дослідження горизонтального капсульного насосного блока з лопатєвою системою робочого колеса (РК) і виправного апарата – 06.

В роботі досліджено 6 модельних блоків, що відрізняються формою і розмірами вихідної частини, варіанти якої умовно поділені на

3 типи: закритий, відкритий і напіввідкритий (рис. 2). Кожен з перерахованих типів, в свою чергу, відрізняється між собою довжиною циліндричної ділянки перед камерою за РК –  $0,3D$  і  $0,5D$  ( $D$  – діаметр модельного РК = 250 мм).

Фізичне моделювання процесів у проточній частині досліджуваних блоків виконано відповідно до теорії подібності при дотриманні умов автомодельності ( $Re > 4 \cdot 10^5$ ).

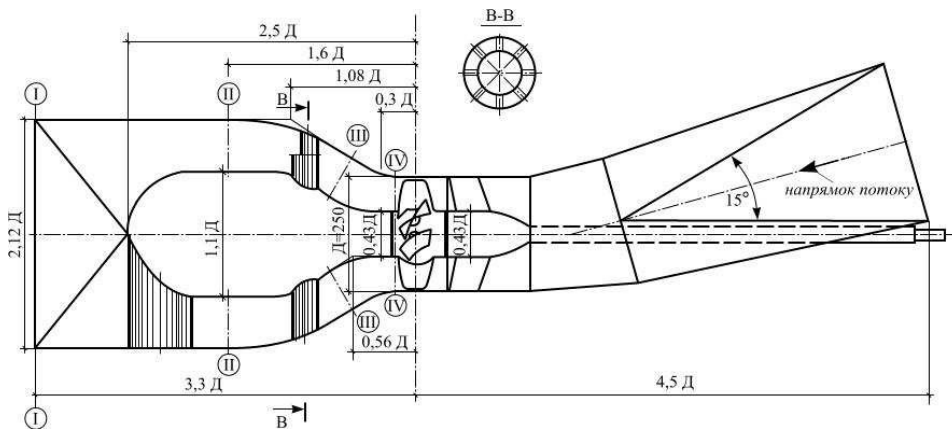


Рис. 2. Схема дослідженого гідроагрегатного блока з вихідною частиною закритого типу (для турбінного режиму)

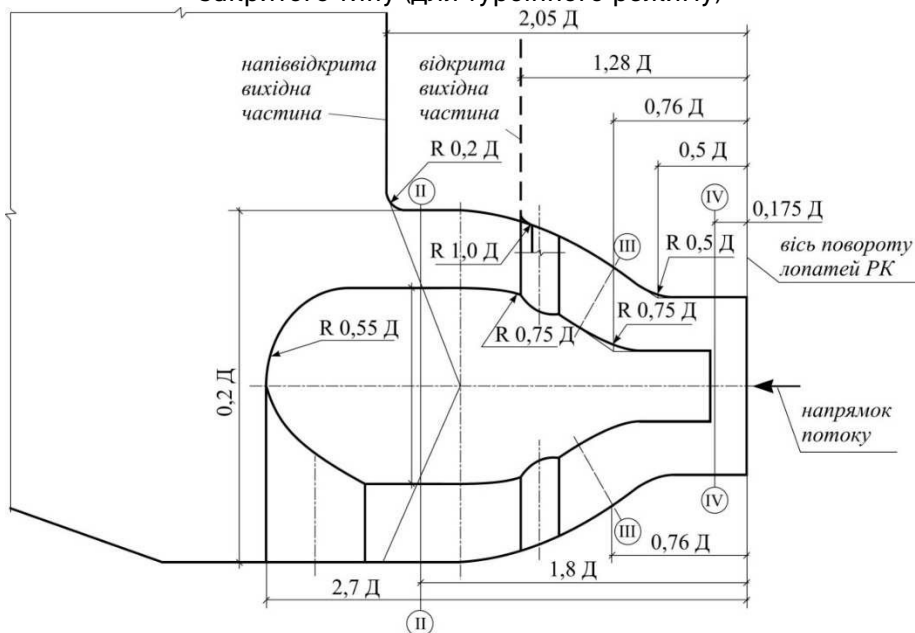


Рис. 3. Схеми вихідних частин (для турбінних режимів) насосного гідроагрегатного блока

В даній роботі представлено результати енергетичних дослі-

дження модельних блоків у прямому турбінному режимі при кутах установки лопатей РК  $\varphi = 2^\circ, 0^\circ, -2^\circ, -4^\circ, -6^\circ, -8^\circ$  і  $-10^\circ$ .

Результати досліджень роботи представлених модельних блоків в турбінних режимах дозволили встановити:

1) оптимальними для турбінного режиму є кути установки лопатей РК в межах  $\varphi = 0^\circ \dots -10^\circ$ ;

2) гідроагрегатні блоки напіввідкритого і відкритого типів мають в оптимальних режимах практично однакові енергетичні показники  $\eta_{max}=80\%$  і незначно перевищують показники блока закритого типу  $\Delta\eta=(0,5\dots2)\%$ ,  $\Delta K_Q=0,002\dots0,006$ , що пояснюється зменшенням втрат енергії на ділянках проточної частини, розташованих за РК;

3) втрати енергії на кільцевій дифузійній ділянці (пер. IV-II) проточної частини дослідних блоків суттєво залежать від параметрів потоку, що формується РК (визначальним є закрутка потоку);

4) значна частина втрат енергії, що припадає на кільцеву дифузійну ділянку між перетинами IV-IV і II-II, свідчить про те, що в цьому місці є значний резерв покращення гідравлічних і відповідно енергетичних характеристик досліджених блоків.

За результатами досліджень гідроагрегатних блоків побудовано універсальні характеристики, що дозволили кількісно оцінити переваги тієї або іншої компоновки (рис. 4).

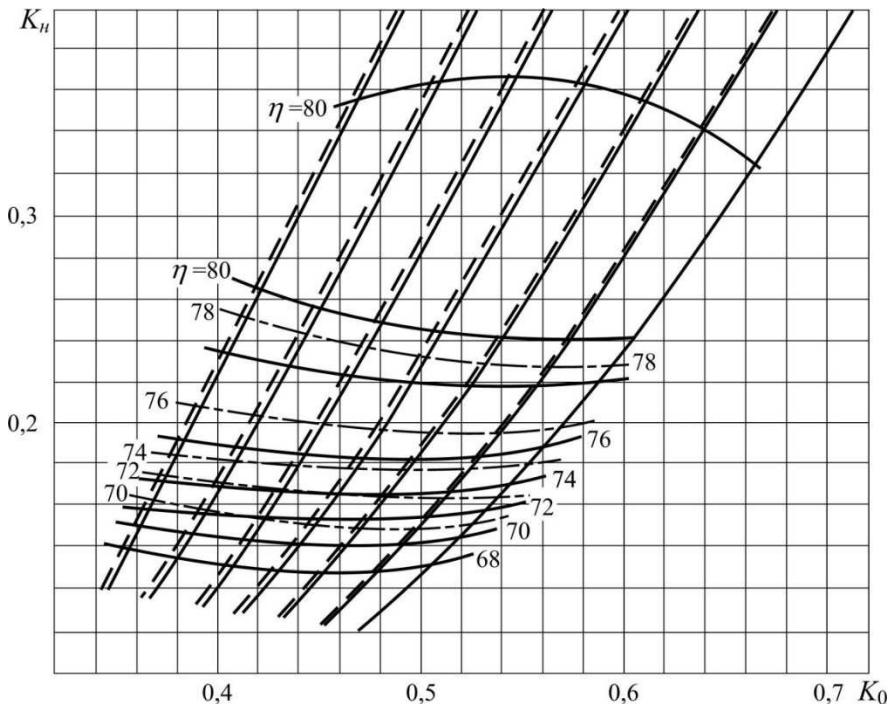


Рис. 4. Універсальні енергетичні характеристики в турбінних режимах дос-

ліджених насосних блоків закритого ( ) і напіввідкритого ( )

### **Висновки**

Проведені дослідження показали достатньо високу ефективність застосування насосів з горизонтальними капсульними агрегатами в якості гідротурбінних блоків. При цьому отримані енергетичні показники ( $\eta_{max}=80\%$ ) в турбінному режимі перевищують результату відомих аналогічних досліджень приблизно на 1...2%, що пояснюється різними компоновками насосних агрегатів (горизонтальні капсульні і вертикальні осьові).

Найбільш ефективними з досліджених виявилися блоки з відкритими і напіввідкритими вихідними частинами.

Концепція застосування насосних агрегатів замість гідротурбінних є обґрунтованою і може розглядатися як альтернатива використанню чисто гідротурбінних агрегатів.

1. Мельник Р. Ефективність роботи мобільних електрофікованих засобів сільськогосподарського призначення. *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. 2015. Вип. 28. **2.** Авилов В., Серкова Л. Малая гидроэнергетика и энергетическая стратегия Сибирского региона. *Национальные приоритеты России*. 2009, № 1. **3.** 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. **4.** 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. **5.** 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.

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)

**RESULTS OF ENERGY RESEARCHES OF PUMP  
BLOCKS WITH A HORIZONTAL CAPSULE AGGREGATE IN  
TURBINE REGIME**

**The experience of the application of industrial pumping units at small HPPs as turbines is given. The results and analysis of experimental energy researches of horizontal capsule pumps in direct turbine mode are presented and the expediency of their use as hydro turbine units is confirmed.**

***Keywords:* energy research of horizontal capsule aggregate, turbine regimes, universal energy characteristic, coefficient of efficiency.**

---

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

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НАСОСНЫХ БЛОКОВ С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ КАПСУЛЬНЫМ АГРЕГАТОМ В ТУРБИННОМ РЕЖИМЕ**

**Приведен опыт применения на малых ГЭС промышленных насосных агрегатов в качестве турбинных. Приведены результаты и анализ экспериментальных энергетических исследований горизонтальных капсульных насосов в прямом турбинном режиме и подтверждена целесообразность их использования в качестве гидротурбинных агрегатов.**

***Ключевые слова:* энергетические исследования горизонтальный капсульный агрегат, турбинные режимы, универсальная энергетическая характеристика, коэффициент полезного действия.**

---