

**Рябенко О. А., д.т.н., професор, Сунічук С. В., к.т.н., доцент,
Філіпович Ю. Ю., к.т.н., доцент** (Національний університет водного
господарства та природокористування, м. Рівне)

ОПТИМІЗАЦІЯ ГІДРАВЛІЧНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ ВОДОПРИЙМАЧА МИГІЇВСЬКОЇ ГЕС

У статті наведено результати моделювання гідравлічних умов роботи водоприймача Мигіївської гідроелектростанції. Методом ЕГДА побудована гідродинамічна сітка руху відкритого потоку в аванкамері для різних варіантів роботи донних отворів. На основі аналізу кінематичної структури потоку надані рекомендації щодо оптимальної конструкції споруди.

Ключові слова: гідроелектростанція, водоприймач, гідравлічні режими, метод електрогідродинамічних аналогій.

Гідровузол Мигіївської гідроелектростанції розміщений на р. Південний Буг в с. Мигія, Первомайського району, Миколаївської області. У 1954 році виконано реконструкцію Мигіївської ГЕС за проектом Української філії «Діпросільелектро». Потужність Мигіївської ГЕС після реконструкції досягне 865 кВт.

Гідроелектростанція не впливає на здійснення добового та сезонного регулювання стоку р. Південний Буг. Витрати транзитом проходять через Мигіївський гідровузол. Річка Південний Буг нижче Мигіївського гідровузла використовується для водопостачання населення (в тому числі питного), промисловості та сільського господарства, а також для місцевого судноплавства, відпочинку та аматорського рибного лову.

Мигіївська ГЕС – використовується для виробництва електроенергії. Згідно з дозволом на спеціальне водокористування для Мигіївської ГЕС – загальний забір води з гідроелектростанції складає 475423,0 тис. м³/рік, (1302528,0 м³/добу), в тому числі на виробництво електроенергії – 475029,0 тис. м³/рік, (1301448,0 м³/добу).

Гідровузол складається з будівлі ГЕС, кам'яно-накидної греблі з бетонним лицюванням напірної та зливної грані, водозливної греблі із бутової кладки на цементному розчині, льодозахисної стінки, аванкамери, підвідного та відвідного каналів. Для покращення умов водозабору води з річки існуюча гребля подовжена до повного перекриття

лівого рукава ріки [1; 2]. Довжина греблі – 206,7 м, максимальна висота – 3,5–4,0 м. Водозливна гребля складається із двох частин довжиною 71,5 м і 135,2 м. Перша частина примикає безпосередньо до водозабору будівлі ГЕС і має невелику кривизну в плані, друга закінчується біля острова (рис. 1).



Рис. 1. Компонівка гідровузла Мигіївської ГЕС

Водозабір влаштований в льодозахисній стінці. Льодозахисна стінка із бутової кладки проходить вздовж всієї будівлі ГЕС зі сторони верхнього б'єфа на відстані 13,0 м. Перш ніж вода потрапляє в аванкамеру, для забезпечення подачі води до агрегатів станції у тілі льодозахисної стінки влаштовано 5 донних отворів, розміри та розміщення яких показані на рис. 2. Пропускна здатність цих отворів визначалася за формулою витікання води з донних отворів [3–5]. Отвори при проходженні паводку і льодоходу перекриваються аварійними затворами. Для очищення решіток влаштований металевий міст, який розміщений по осі отвору холостого скиду паралельно стіні турбінного блоку.

Необхідно зазначити, що наявність аванкамери забезпечує деякий перерозподіл мас води по її ширині при роботі агрегатів станції. Проте поздовжня стінка в аванкамері між агрегатами № II і № III направляє майже всю витрату води із донного отвору № 5 до агрегату № III. В особливій мірі це відноситься до меженого періоду з невеликими ви-

тратами води у річці.

Агрегатний блок № III Мигіївської ГЕС працює окремо від блоку № II. Вони розділені стінкою, відмітка якої перевищує рівень води в аванкамері.

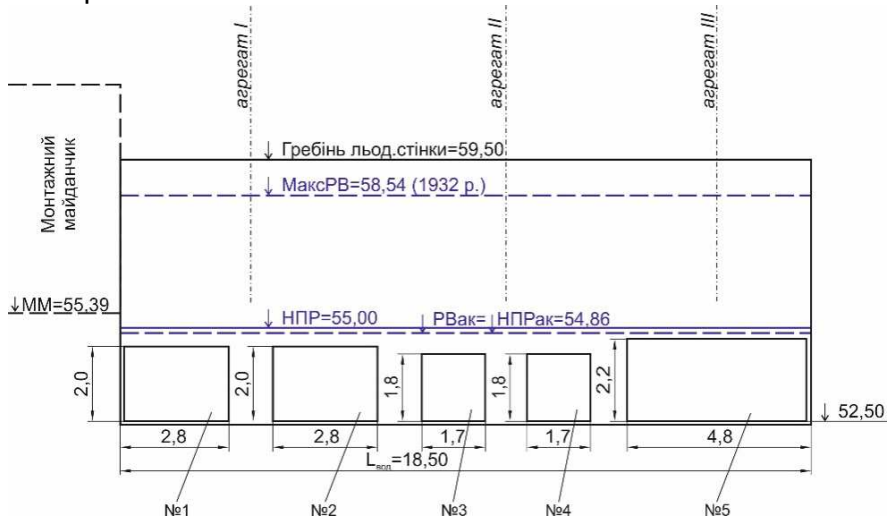


Рис. 2. Схема донних отворів у тілі льодозахисної стінки

Пропуск води через агрегатний блок № II аванкамери ГЕС може здійснюватися 5-ма варіантами (див. рис. 3).

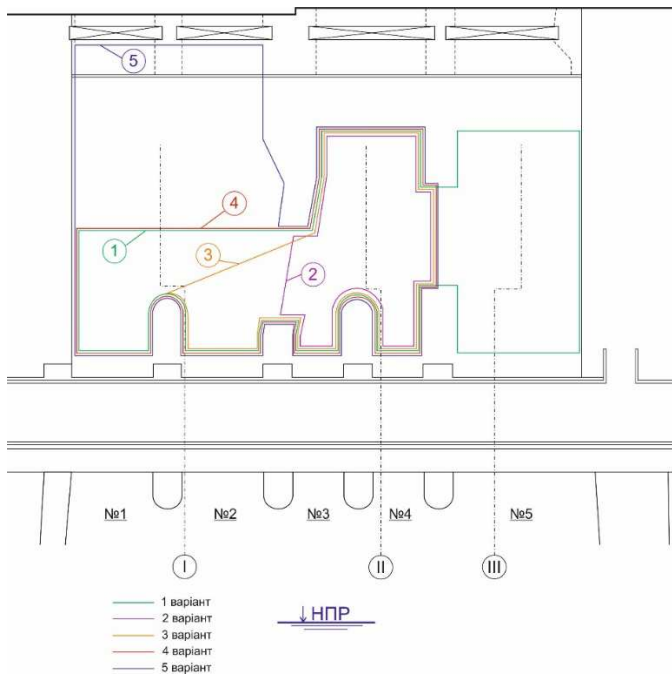


Рис. 3. Можливі варіанти конструкції аванкамери ГЕС



Розглянуто такі варіанти конструкції аванкамери Мигіївської ГЕС:

- 1 – без роздільної стінки в аванкамері між блоками № II і № III;
- 2 – із роздільною стінкою в аванкамері між блоками № II і № III та роздільною стінкою між блоками № I і № II;
- 3 – із роздільною стінкою в аванкамері між блоками № II і № III та роздільною стінкою (косою в плані) від бика між донними отворами № 1 і № 2 у льодозахисній стінці до бика між агрегатами № I і № II;
- 4 – із роздільною стінкою в аванкамері між блоками № II і № III та роздільною стінкою, яка влаштована перпендикулярно до осі агрегатів від бічної стінки до бика між агрегатами № I і № II;
- 5 – із роздільною стінкою в аванкамері між блоками № II і № III та без роздільних стінок між блоками № I і № II з використанням існуючих донних затворів агрегату № I.

Метод електрогідродинамічних аналогій (ЕГДА) – це метод, який базується на принципі електрогідродинамічної аналогії та дає змогу експериментально (за допомогою моделювання) розв'язувати різноманітні задачі потенційного руху рідини [6; 7]. Вирішення гідравлічних задач руху потоку в найбільш повному об'ємі зводиться до побудови гідродинамічної сітки з еквіпотенціальних ліній та ліній течії. Сумістивши лінії потоку та еквіпотенціальні лінії, отримуємо гідродинамічну сітку руху потоку, за якою визначаються усі необхідні характеристики потоку: протитиск і швидкість в будь-якій точці області руху, а також витрати.

В результаті моделювання було побудовано гідродинамічні сітки для роботи блоку № III і для трьох варіантів конструкції аванкамери агрегатного блоку № II.

Варіант 1 аванкамери блоків № II та № III – без роздільної стінки в аванкамері між блоками № II і № III. Агрегати № II і № III працюють спільно. Аналіз отриманих результатів показує, що у блоці № III (рис. 4, а) гідравлічні умови близькі до плоских. Завдяки наявності роздільної стінки агрегат № III працює автономно від блока № II.

Варіант 2 аванкамери блоку № II (рис. 4, б) – блок відгороджений від впливу сусідніх блоків. На вході в агрегат картина близька до плоских умов. Вплив на розподіл швидкостей та еквіпотенціалів дає бичок. Найбільші зміни спостерігаються в області розташування бика.

Варіант 3 аванкамери блоку № II (рис. 4, в) – істотну роль відіграють бики. Потік асиметричний внаслідок впливу потоку через отвір № 2. Велику роль відіграє наявність проміжної стінки (косої в плані) від бика між донними отворами № 1 і № 2 у льодозахисній сті-

нці до бика між агрегатами № I і № II. Вона направляє потік до агрегату № II, зменшуючи до мінімуму можливість утворення вирів з вертикальною віссю обертання. Відповідно з цим, потік на вході в агрегат № II буде плоскопаралельним.

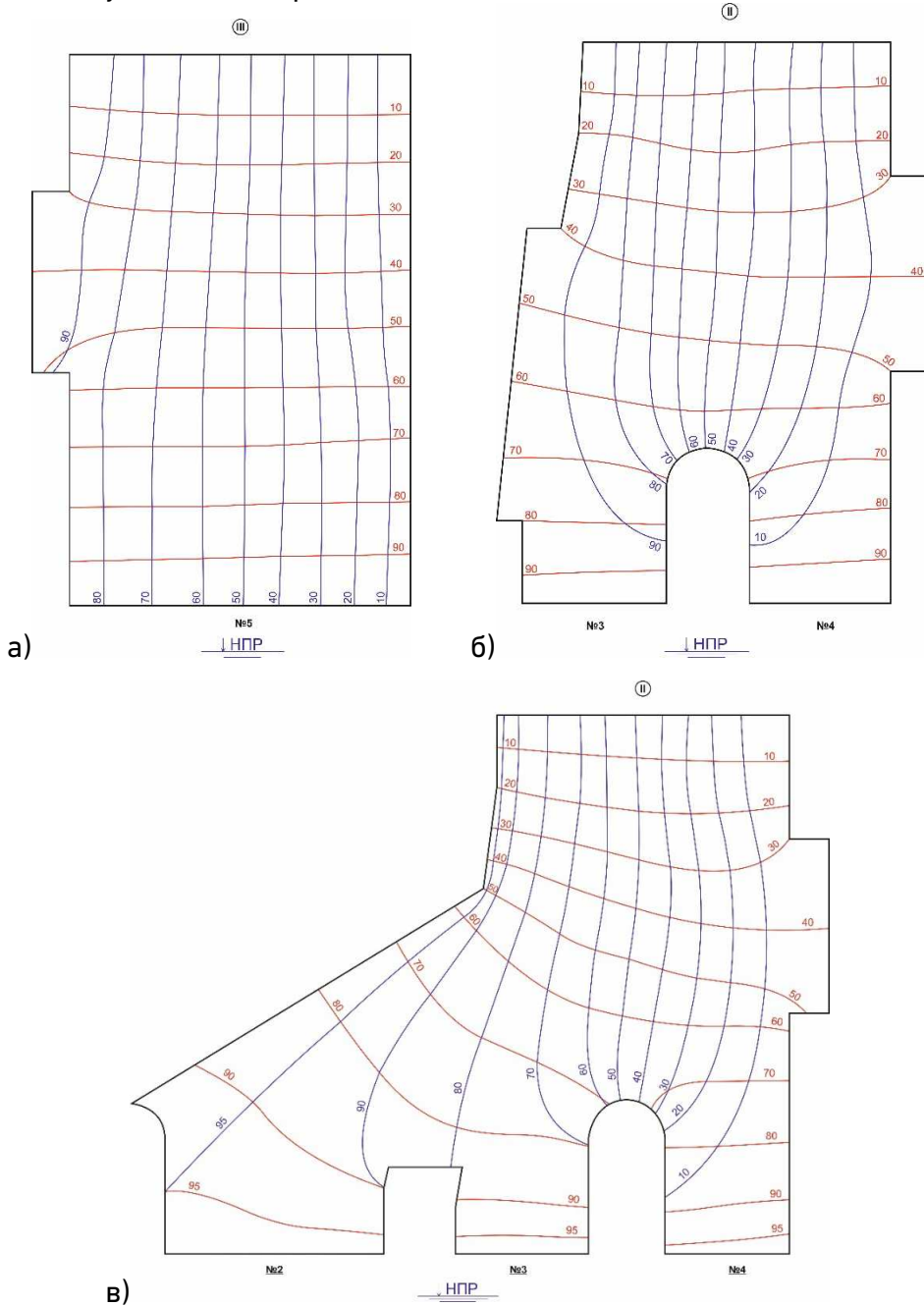


Рис. 4. Гідродинамічна сітка руху потоку:
а) варіант 1; б) варіант 2; в) варіант 3



Варіант 4 аванкамери блоку № II – потік потрапляє в аванкамеру через отвори № 1, № 2, № 3 і № 4. Спостерігається дуже велика асиметрія потоку в аванкамері. Виникає дуже велика ймовірність утворення вирів з вертикальною віссю обертання внаслідок того, що сумарна витрата через отвори № 1 і № 2 становить $14,84 \text{ м}^3/\text{с}$ є істотно більшою, ніж сумарна витрата через отвори № 3 і № 4 – $8,12 \text{ м}^3/\text{с}$.

Варіант 5 аванкамери блоку № II – в ньому відсутня перегороджуюча стінка, яка влаштована перпендикулярно до осі агрегатів від бічної стінки до бика між агрегатами № I і № II. З гідравлічної точки зору цей варіант подібний до варіанту 4.

Таким чином для реалізації можна рекомендувати варіант 3 з косою в плані роздільною стінкою (рис. 5). Цей варіант забезпечує найкращі гідравлічні умови роботи аванкамери при роботі агрегату № II. При цьому сумарна витрата через отвори № 2, № 3 і № 4 становить $15,54 \text{ м}^3/\text{с}$, що більше розрахункової витрати агрегату № II – $11,4 \text{ м}^3/\text{с}$ (для випадку $\downarrow \text{РВБ} = \downarrow \text{ГВГ} = 55,00 \text{ м}$).



Рис. 5. Аванкамера водоприймача ГЕС:
а) до реконструкції; б) існуючий стан

Висновки

1. З метою забезпечення оптимальних гідравлічних умов роботи агрегату № III в автономному режимі (тобто незалежно від роботи агрегатів № I і № II) та мінімізації впливу сусідніх агрегатів вважати за доцільне залишити в існуючому стані поздовжню стінку аванкамери між другим і третім агрегатами.

2. Пропускна здатність донного отвору № 5 у льодозахисній стінці в межінь при $\downarrow P_{ВБ} = \downarrow ГВГ = 55,00$ м забезпечує подачу розрахункової витрати $Q_{№III} = 6,1$ м³/с до агрегату № III.

3. Сумарна пропускна здатність донних отворів № 3 і № 4 у льодозахисній стінці в межінь при $\downarrow P_{ВБ} = \downarrow ГВГ = 55,00$ м не забезпечує подачу розрахункової витрати $Q_{№II} = 11,4$ м³/с до агрегату № II.

4. Для забезпечення оптимальних гідравлічних умов роботи агрегату № II і подачі до нього у межінь розрахункової витрати $Q_{№II} = 11,4$ м³/с необхідно в додаток до витрати через донні отвори № 3 і № 4 використовувати витрату води через отвори № 1 і № 2 у льодозахисній стінці.

5. З метою забезпечення оптимальних гідравлічних умов експлуатації аванкамери при роботі агрегату № II та максимального перерозподілу мас води по всій її ширині необхідно повністю, тобто до відмітки дна аванкамери $\downarrow d_{ак} = 52,50$ м, розібрати придонну поздовжню стінку між першим і другим агрегатами ГЕС.

6. У випадку виключення з роботи агрегату № I та при роботі агрегату № II з використанням донних отворів № 1-№ 4 у льодозахисній стінці гідравлічні умови роботи аванкамери істотно ускладнюються внаслідок процесу перерозподілу мас води по ширині аванкамери та можливим утворенням вирів з вертикальною віссю обертання, наявність яких негативно впливає на роботу агрегатів ГЕС.

7. На основі моделювання гідравлічних умов роботи споруди методом ЕГДА можна рекомендувати варіант 3. Цей варіант передбачає влаштування в аванкамері косої в плані направляючої стінки, яка з'єднує бик між донними отворами № 1 і № 2 у льодозахисній стінці та бик водоприймача між агрегатами № I і № II. Вибраний варіант є найкращим з гідравлічної точки зору, який забезпечує плавний підхід потоку до агрегату № II та зводить до мінімуму можливість утворення в аванкамері вирів з вертикальною віссю обертання.



1. ДБН В.2.4-3: 2010. Гідротехнічні споруди. Основні положення. [Чинний від 01.01.2011 р.]. К. : Мінергобуд України, 2010. 41 с. 2. Гидротехнические сооружения / С. М. Слисский, А. И. Антипов, Г. А. Воробьев, В. Ф. Иванищев, В. Г. Орехов, Н. Н. Пашков, В. Н. Поспелов, Л. Н. Рассказов ; под ред. Гришина М. М. М. : Высшая школа, 1979. Том 1. 615 с.; Т. 2. 336 с. 3. Чугаев Р. Р. Гидравлика. Техническая механика жидкости. Л. : Энергоиздат, 1982. 672 с. 4. Справочник по гидравлическим расчетам / под ред. Киселева П. Г. М. : Энергия, 1972. 312 с. 5. Справочник по гидравлике / под ред. Большакова В. А. К. : Вища школа, 1984. 344 с. 6. Фильчаков П. Ф. Теория фильтрации под гидротехническими сооружениями. К. : Изд-во АН УССР, 1959. В 2-х томах. Т. 1. 308 с.; Т. 2. 256 с. 7. Дружинин Н. И. Метод электрогидродинамических аналогий и его применение при исследовании фильтрации. М.-Л. : Гос. энергетическое изд-во, 1956. 346 с.

REFERENCES:

1. DBN V.2.4-3: 2010. Hidrotekhnichni sporudy. Osnovni polozhennia. [Chynnyi vid 01.01.2011 r.]. K. : Minenerhobud Ukrainy, 2010. 41 s. 2. Hidrotekhnicheskie sooruzheniia / S. M. Slisskii, A. I. Antipov, H. A. Vorobev, V. F. Ivanishchev, V. H. Orekhov, N. N. Pashkov, V. N. Pospelov, L. N. Rasskazov ; pod red. Hrishina M. M. M. : Vysshiaia shkola, 1979. Tom 1. 615 s.; T. 2. 336 s. 3. Chuhaev R. R. Hidravlika. Tekhnicheskaia mekhanika zhidkosti. L. : Enerhoizdat, 1982. 672 s. 4. Spravochnik po hydravlicheskim raschetam / pod red. Kyseleva P. H. M. : Enerhiia, 1972. 312 s. 5. Spravochnik po hidravlike / pod red. Bolshakova V. A. K. : Vyshcha shkola, 1984. 344 s. 6. Filchakov P. F. Teoriia filtratsii pod hidrotekhnicheskimi sooruzheniiami. K. : Izd-vo AN USSR, 1959. V 2-kh tomakh. T. 1. 308 s.; T. 2. 256 s. 7. Druzhinin N. Y. Metod elektrohiodinamicheskikh analogii i eho primenenie pri issledovanii filtratsii. M.-L. : Hos. enerheticheskoe izd-vo, 1956. 346 s.

Рецензент: д.т.н., професор Ткачук М. М. (НУВГП)

Riabenko O. A., Doctor of Engineering, Professor, Sunichuk S. V., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Filipovych Yu. Yu., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

OPTIMIZATION OF THE HYDRAULIC REGIMES OF WATER INTAKE OF MYHIIVSKA HPP

The article gives the modelling of hydraulic condition of water-intake operating of Myhiivska hydropower plant. The hydroelectric complex consists of powerhouse, rockfill dam with concrete mantle of upstream and downstream face, and spillway dam with rubblework on cement mortar with level of crest. These structures are situated in the left arm (which is the largest) of the Southern Buh river, however, existed structure do not block arm completely. Main demands of water users to operating regimes of Myhiivskyy hydroelectric complex are maintenance of hydrological river regime close to natural and guarantee the passing of minimum flows with value of ecological flows during low-flow period of dry year. Myhiivska SSHP is used for electricity production and does not influence on making daily and seasonal flow regulation of the r. Southern Buh. Water intake is situated in the ice-protective wall. Ice-protective wall is made of rubblework and is built along all powerhouse downstream view distantly. Before flowing into forebay, water passes through 5 openings of ice-protective wall. The hydraulic conditions of forebay operating has been complicated due to the process of redistribution of water masses along the width of the forebay and the possible formation of eddy currents with vertical axis of rotation that influences on generating units operating of HHP negatively. Because of this, it is needed to reduce the water flow that passes through generating units of power plant, consequently capacity and electricity production decrease as well. It was made the modelling of hydraulic condition of structure operating by electrohydrodynamical analogy method for different bottom openings operating and carried out the hydraulic calculation of flow capacity. This method involves the model creation from some electric conductive material, usually geometrically similar to real part of fluid motion for making the hydrodynamical grid from equipotential lines and flow lines. After combining the flow lines and equipotential lines, the hydrodynamical grid of flow motion was received, according to which it was determined all necessary flow characteristics: backpressure and velocity at any domain of motion, and flows. Based on analysis of kinematic scheme of flow, the recommendations of optimal construction of water intake of Myhiivska hydropower plant were given.



Keywords: hydropower plant, water intake, hydraulic regimes, method of electrohydrodynamic analogies.

Рябенко А. А., д.т.н., профессор, Суничук С. В., к.т.н., доцент, Филипович Ю. Ю., к.т.н., доцент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ОПТИМИЗАЦИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ВОДОПРИЕМНИКА МИГИЕВСКОЙ ГЭС

В статье приведены результаты моделирования гидравлических условий работы водоприемника Мигиевской гидроэлектростанции. Методом ЭГДА построена гидродинамическая сетка движения открытого потока в аванкамере для различных вариантов работы донных отверстий. На основе анализа кинематической структуры потока даны рекомендации по оптимальной конструкции сооружения.

Ключевые слова: гидроэлектростанция, водоприемник, гидравлические режимы, метод электрогидродинамических аналогий.
