

ГІДРОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕНЬ РІЧОК МЕРЕФА ТА МЖА ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ

Мороз О. М., Серeda А. І., Павлов А. О.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Наведені методика і результати гідрологічних досліджень річок Мерефа і Мжа Харківської області та результати розрахунків їх енергетичного потенціалу.

Постановка проблеми. Суттєве зростання використання поновлюваних джерел енергії (ПДЕ) у світі пояснюється екологічними причинами, невичерпністю ПДЕ, необхідністю розвитку розподіленої генерації та підвищення енергетичної безпеки держави. Одним із видів ПДЕ є гідроенергетика, яка займає важливішу роль у розвитку поновлюваних систем енергопостачання і становить близько 76% всіх світових поновлюваних джерел енергії. В останні роки спостерігається відродження інтересу до розвитку та використання малих ГЕС, що пов'язано із технічним удосконаленням обладнання та повною їх автоматизацією. За даними інституту відновлюваної енергетики НАН України річний технічно-досяжний потенціал малої гідроенергетики складає 8,6 млрд. кВт·год [1].

За даними державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України за 9 місяців 2019 року в Україні були введені в експлуатацію відновлювані джерела електроенергії потужністю 2500 МВт [2]. Зокрема, за цей період введено в експлуатацію об'єктів малої гідроенергетики потужністю 13 МВт.

Прийняття рішення про доцільність будівництва ГЕС повинне базуватися на гідрологічних дослідженнях та визначенні енергетичного потенціалу рік у певних місцях русел рік.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз сучасного стану малих річок України показує, що дані, які використовуються значною кількістю дослідників, базуються на гідрологічних дослідженнях, які були виконані у 50-80-х роках ХХ століття і не відповідає сучасному стану річкового стоку внаслідок значної зміни кліматичних умов та господарської діяльності суспільства [3].

Забезпеченість Харківської області водними ресурсами надзвичайно низька – нижча від середньої по Україні у 3 рази, а без урахування транзитного стоку – майже у 8 разів, і складає в середньому лише 1,8% від загальної кількості водних ресурсів України, у маловодні роки цей показник знижується до 0,99% [4].

Мета статті. Метою статті є дослідження стоку річок Мжа і Мерефа Харківської області на основі попередніх гідрологічних досліджень, які наведені у відкритих джерелах, та натурних досліджень. На основі досліджень визначено енергетичний потенціал річок Мжа і Мерефа з урахуванням створення можливих напорів та характеристик енергетичного обладнання мікроГЕС.

Основні матеріали дослідження. Попередні дослідження стоку річок Мжа і Мерефа проводилось на основі інформації з літературних джерел.

Довжина річки Мжа складає біля 77 км, площа її водозбірного басейну 1814 км², похил річки – 1,23 м/км [5]. Русло річки має трапецеїдальний тип шириною 8-10 м, помірно звивисте. Глибина на плесах біля 1,5 м, на перекатах – 0,4 м. Швидкість течії в межень складає 0,01-0,03 м/с на плесах і 0,1-0,3 м/с на перекатах; в багатоводні періоди швидкість течії збільшується і складає 0,3-0,5 м/с на плесах і 0,6-0,9 м/с на перекатах. Норма стоку річки складає 114 млн. м³.

Питома норма водостоку річок басейну річки Мжа

$$Q_{num.} = Q_{c.p.}/S_{б.p.} = 114 \cdot 10^6 / 1814 \approx 63000 \text{ м}^3 / 1 \text{ км}^2,$$

де $Q_{c.p.1} = 114 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ – норма стоку річки Мжа;
 $S_{б.p.} = 1814 \text{ км}^2$ – площа водозбірного басейну р. Мжа.

Довжина р. Мжа від визначеного створу річки з координатами 49,75° північної широти і 36,09° східної довготи (залишки дамби) до Сіверського Дінця складає біля 40 км. Середній річний стік р. Мжа у визначеному створі

$$Q_{річ.1} = L_{p.c.1} / L_{p.1} \cdot Q_{c.p.1} = 27 / 77 \cdot 114000000 \approx 55 \cdot 10^6 \text{ м}^3.$$

де $L_{p.c.1} = (77 - 40) = 27 \text{ км}$ – довжина річки до визначеного створу;

$L_{p.1} = 77 \text{ км}$ – довжина річки Мжа;

$Q_{p.2} = 63000 \text{ м}^3 / 1 \text{ км}^2$ – питома норма водостоку р. Мжа;

$S_{б.p.1} = 1814 \text{ км}^2$ – площа басейну р. Мжа.

Середній секундні витрати р. Мжа у визначеному створі в рік середньої водності

$$Q_{ср.с.1} = 55000000 / (365 \cdot 24 \cdot 3600) = 1,7 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Довжина річки Мерефа складає 28 км, похил річки – 1,8 м/км. Площа басейну 244 км² [6].

Довжина річки до створу з координатами 49,80° північної широти і 36,05° східної довготи (залишки старої будівлі млина) біля 25 км. Річний стік р. Мерефа у визначеному створі

$$Q_{річ.2} = L_{p.c.2} / L_{p.2} \cdot Q_{num.} \cdot S_{б.p.2} = 25 / 28 \cdot 63000 \cdot 244 = 13,7 \cdot 10^6 \text{ м}^3.$$

де $L_{p.c.} = 25 \text{ км}$ – довжина річки до створу;

$L_{p.} = 28 \text{ км}$ – довжина річки Мерефа;

$Q_{num.} = 63000 \text{ м}^3 / 1 \text{ км}^2$ – питома норма водостоку річки Мерефа;

$S_{б.p.1} = 244 \text{ км}^2$ – площа басейну річки Мерефа.

Середні секундні витрати р. Мерефа у створі в рік середньої водності

$$Q_{cp.c.2} = 13700000 / (365 \cdot 24 \cdot 3600) = 0,43 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Натурні дослідження витрати води у визначених створах річок проводилось методом "швидкість-площа" [7,8], тобто множенням площі поперечного перерізу у створі ω на середню швидкість потоку V

$$Q = \omega \cdot V, \text{ м}^3/\text{с}.$$

Гідрометричні створи вибирались за такими умовами: прямолінійність русла; відсутність різких переломів, профіль живого перерізу і епюри розподілення швидкостей по ширині потоку є сталими; відсутність виражених пульсацій швидкості течії; відсутність завад при вимірюванні швидкостей течії та глибин; відсутність водневої рослинності; середня швидкість в живому перерізі повинна бути не менше 0,08 і не більше 5 м/с.

Для виконання вимірювання витрат води та перепадів висот у верхньому і нижньому б'єфах було використано таке обладнання: човен для вимірювання глибини русла у створі ріки; рейка з поділками в 1 см, для проміру глибини русла (на нижньому кінці рейка мала площадку для запобігання занурення в мул); віртовки з кольоровими мітками на відстані 1 м одна від одної для визначення створів; поплавки (пластикові пляшки по 0,5 л); секундомір; теодоліт лазерний; рейка нівелірна.

При використанні методу "швидкість-площа" у визначеному гідрометричному створі визначаються такі параметри:

– глибини в промірних вертикалях і їх віддалення від постійного початку по лінії гідрометричного створу, для визначення площі водяного перерізу;

– повздовжні (нормальні до гідрометричного створу) середні поверхневі швидкості, на основі яких розраховуються середні швидкості у відсіках між ними.

Витрата води визначається аналітичним способом, як сума часток води, які проходять через відсіки водяного перерізу потоку, які обмежені швидкісними вертикалями.

Визначення середньої швидкості руху води по вертикалі проводилось за допомогою одно точкового способу (поверхнева швидкість), оскільки глибина в створах була незначною. Поверхнева швидкість вимірювалась за допомогою поплавків (пластикових пляшок, наповнених водою на 90%), які поміщалися на відстані 2-3 м від першого контрольного створу, відстань між створами була 7 м. Повторюваність дослідів складала 3-4 рази.

Середня швидкість по вертикальному перерізу визначалась виходячи із епюри швидкості (рисунок 1) руху води в річці.

Середня швидкість у вертикальному перерізі відповідає швидкості на глибині $0,6h$. Середня швидкість дорівнює 0,8 швидкості на вільній поверхні, тобто $V_{cp.} = 0,8V_n$.

Польові гідрологічні дослідження проводились у травні 2019 року.

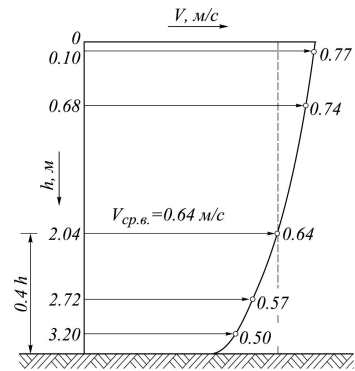


Рисунок 1 – Епюра швидкості руху води в річці

Перепади висот вертикального профілю (напір) ділянок р. Мерефа (верхнього і нижнього б'єфів) – 1,12 м. Є можливість збільшення напору до 1,5 м.

Перепади висот вертикального профілю (напір) ділянок р. Мжа (верхнього і нижнього б'єфів) – 1,4 м.

При проведенні гідрологічних досліджень річок Мжа та Мерефа були проведені розрахунки площ вертикальних секторів, площі живого перерізу річки, швидкості руху води на поверхні в перерізах, середніх швидкостей руху води на поверхні в секторах, середньої швидкості руху води по вертикалі в секторах, витрат води в секторах та загальної витрати води у створі рік (рисунок 2, 3).

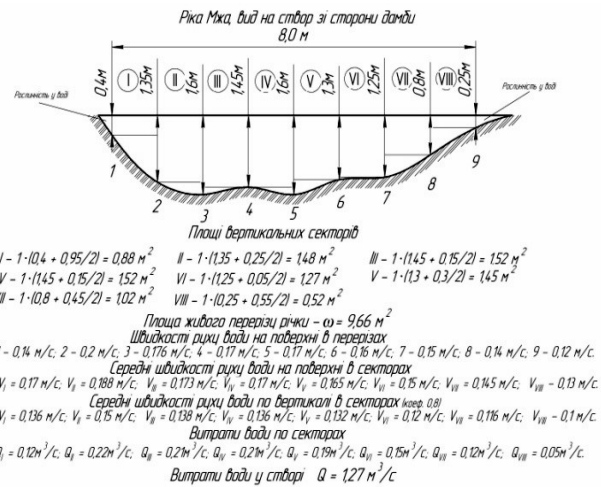


Рисунок 2 – Результати гідрологічних досліджень р. Мжа



Рисунок 3 – Результати гідрологічних досліджень р. Мерефа

Витрати води у створі р. Мерефа склали $0,45 \text{ м}^3/\text{с}$.

Відхилення прогнозованих витрат від витрат за результатами досліджень:

$$\Delta_1 = 1,7 - 1,27 = 0,43 \text{ м}^3/\text{с} \text{ (25\%)}.$$
$$\Delta_2 = 0,43 - 0,45 = 0,02 \text{ м}^3/\text{с} \text{ (4,7\%)}.$$

Таким чином прогнозовані і експериментальні витрати не мають значних розбіжностей. Тому отримані експериментальні дані витрат води в ріках є достовірними.

Потужність водного потоку визначається за формулою

$$P = gQH, \text{ кВт},$$

де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння;
 Q – витрата води, $\text{м}^3/\text{с}$;
 H – напір (перепад висот), м.

ККД гідроенергетичного обладнання може складати від 55 до 73%. Розрахунки енергетичного потенціалу річок проводились для ККД мікроГЕС 55%, розглядався найгірший варіант.

Існуючий потенціал р. Мжа

$$P_I = 9,81 \cdot 1,4 \cdot 1,27 = 17,4 \text{ кВт}.$$

Прогнозована потужність мікроГЕС на р. Мжа

$$P_I = P_I \cdot 0,55 = 9,57 \text{ кВт}$$

Потенціал генерації електричної енергії на р. Мжа за рік

$$E_I = 9,57 \cdot 24 \cdot 365 = 83,8 \text{ тис. кВт}\cdot\text{год}.$$

Існуючий потенціал р. Мерефа при напорі $H_I = 1,12 \text{ м}$

$$P_{2I} = 9,81 \cdot 1,12 \cdot 0,45 = 4,9 \text{ кВт}.$$

Потенціал річки при напорі $H_2 = 1,5 \text{ м}$

$$P_{22} = 9,81 \cdot 1,5 \cdot 0,45 = 6,6 \text{ кВт}.$$

Потужність мікроГЕС на р. Мерефа при напорі $H_I = 1,12 \text{ м}$

$$P_{2I} = P_{2I} \cdot 0,55 = 2,7 \text{ кВт}$$

Потужність мікроГЕС на р. Мерефа при напорі $H_2 = 1,5 \text{ м}$

$$P_{22} = P_{22} \cdot 0,55 = 3,6 \text{ кВт}$$

Потенціал генерації електричної енергії на р. Мерефа за рік при напорі $H_I = 1,12 \text{ м}$ і $H_2 = 1,5 \text{ м}$ відповідно

$$E_{2I} = 2,7 \cdot 24 \cdot 365 = 23,6 \text{ тис. кВт}\cdot\text{год}.$$
$$E_{22} = 3,6 \cdot 24 \cdot 365 = 31,5 \text{ тис. кВт}\cdot\text{год}.$$

Висновки. Результати досліджень показали, що річки Мжа і Мерефа мають достатній енергетичний

потенціал і можуть використовуватись для генерації електричної енергії.

Список використаних джерел

1. Стан і перспективи розвитку малої гідроенергетики, сонячної, вітрової та інших джерел поновлюваної енергії зарубіжних країн та України. Науково-проектний центр розвитку об'єднаної енергетичної системи України ДП Національна енергетична компанія Укренерго 2016. URL: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/4.-Stan-i-perspektyvy-rozvytku-PDE.pdf> (дата звернення: 22.07.2019).

2. Сайт державного агентства енергоефективності та енергозбереження України. URL: <http://sace.gov.ua/uk/news/3161> (дата звернення: 10.09.2019).

3. Горбачова Л. О. Сучасний внутрішньорічний розподіл водного стоку річок України. URL: https://ukrgeojournal.org.ua/sites/default/files/UGJ_2015_3_16-23.pdf

4. Програма збереження малих річок Харківської області до 2016 року. Затверджена рішенням обласної ради від 26 квітня 2012 року №397-VI (XII сесія VI скликання). 15 с.

5. Мжа. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B6%D0%B0> (дата звернення: 22.07.2019).

6. Мерефа (річка). URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%84%D0%B0_\(%D1%80%D1%96%D1%87%D0%BA%D0%B0\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%84%D0%B0_(%D1%80%D1%96%D1%87%D0%BA%D0%B0)) (дата звернення: 22.07.2019).

7. Расход воды на реках и каналах. Методика выполнения измерений методом "скорость-площадь". МИ 1759-87. Москва : Издательство стандартов, 1987. С. 27.

8. Масумов Р.Р. Методы измерения расходов воды на реках и каналах, в напорных трубопроводах насосных станций и оросительных систем. Научно-информационный центр МКВК. Ташкент, 2015. 85 с.

Анотация

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕК МЕРЕФА И МЖА ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА

Мороз А. Н., Серета А. И., Павлов А. А.

Приведены методика и результаты гидрологических исследований рек Мерефа и Мжа Харьковской области и результаты расчетов их энергетического потенциала.

Abstract

THE MATHEMATICAL MODEL OF THE MANAGEMENT OBJECT

O. Moroz, A. Sereda, A. Pavlov

Methods and results of hydrological studies of rivers Meref and Mzha of Kharkiv region and the results of their energy potential calculations are presented.