УДК 621.311.212.001

М.Р.Ібрагімова (Інститут відновлюваної енергетики НАН України, Київ)

Енергетичний аспект регулювання потужності малої ГЕС по водотоку річки за різних гідрологічних параметрів стоку

Встановлено кількісні значення можливого зниження продуктивності малої ГЕС при застосуванні осереднених параметрів розподілу стоку води річок. Бібл. 20, табл. 2, рис. 3.

Ключові слова: *забезпеченість, коефіцієнт варіації, коефіцієнт асиметрії, мала гідроелектростанція, продуктивність, середньозважене значення.*

ORCID: 0000-0003-1732-4477

Вступ. Зростаюча роль сталого розвитку зосереджує сучасні дослідження на використанні енергетичних ресурсів з урахуванням природоохоронних вимог. Режим регулювання потужності малої гідроелектростанції (ГЕС) по водотоку найбільш повно відповідає сучасним міжнародним експлуатаційним вимогам до малих ГЕС [1].

На 70-і роки XX століття на території колишнього СРСР більше 20% гідроелектростанцій потужністю до 10 МВт працювали по водотоку, незважаючи на їх незначну частку в загальній структурі потужностей гідроелектростанцій. Були встановлені можливості та основні переваги режиму експлуатації малих ГЕС по водотоку. Так, особливо відзначались переваги спорудження даних гідроелектростанцій на гірських річках, де будівництво регулюючого водосховища зустрічає значні ускладнення або виявляється неефективним (висока концентрація завислих часток у стоці річки спричиняє швидке замулення водосховища). Оскільки експлуатація малих ГЕС передбачає відсутність або мінімізацію обслуговуючого персоналу, попередні дослідження задачі регулювання потужності станції були присвячені вирішенню питання можливості забезпечення автоматичного режиму роботи ГЕС [2, 3].

Енергетичний аспект регулювання потужності малої ГЕС по водотоку раніще детально не розглядався. У [4, 5] було виконано оцінку енергетичної ефективності малої ГЕС за регулювання її потужності по водотоку як функції витрат стоку створу станції. З метою врахування забезпеченості стоку річки та природоохоронних обмежень на гідроенергетичне використання ресурсів водотоку, визначення енергетичних параметрів малої ГЕС, у тому числі й обсягу виробництва електроенергії, та оцінка ефективності роботи станції виконувалися з використанням імовірнісних методів дослідження. Імовірнісний розподіл Крицького-Менкеля (трипараметричний гамма-розподіл) широко застосовується в гідроенергетичних розрахунках і рекомендований державними нормами [6]. Даний розподіл потребує наявності статистичних даних щодо значень коефіцієнтів варіації та асиметрії розподілу витрат води річкового стоку, а також витрат стоку досліджуваного створу. Сьогодні існує широка мережа гідрометеорологічних постів (ГП) виміру головним чином витрат води. Тоді як інформація щодо значень коефіцієнтів варіації та асиметрії, необхідна для виконання енергетичних розрахунків із використанням вищезгаданого імовірнісного розподілу, часто виявляється відсутньою. Тому при недостатності чи відсутності гідрометеорологічних даних у [7] було запропоновано в гідроенергетичних розрахунках використовувати середньозважені значення коефіцієнтів варіації та асиметрії, визначені на основі наявної в офіційних довідникових виданнях [8, 9] інформації.

Постановка завдання. Суть запропонованого способу визначення гідроенергетичних параметрів малої ГЕС полягає в тому, що при відсутності необхідної гідрометеорологічної інформації, а саме значень коефіцієнтів варіації та

© М.Р.Ібрагімова, 2016

асиметрії, енергетичні параметри станції можуть бути визначені з використанням середньозважених значень коефіцієнтів відповідного гідрографічного району басейнового типу, до якого входить досліджуваний водотік. Проте відкритим залишається питання впливу коефіцієнтів на кінцевий результат розрахунку гідроенергетичних параметрів станції. Тобто необхідним є встановлення можливого відхилення продуктивності малої ГЕС у діапазоні зміни коефіцієнтів варіації та асиметрії розподілу витрат води річкового стоку відповідного басейнового району.

Розрахункові дослідження. Розрахунок обсягу генерування електроенергії виконувався для 12-ти гідрографічних районів території України за варіантів комбінацій максимальних ($C_{V\text{-}max}$, $C_{S\text{-}max}$), мінімальних ($C_{V\text{-}min}$, $C_{S\text{-}min}$), та середньозважених ($\overline{C_V}$, $\overline{C_S}$) значень коефіцієнтів, визначених на основі доступної гідрометеорологічної інформації [5, 7, 10]. Таким чином, встановлені наступні варіанти розрахункових значень коефіцієнтів варіації $C_{V\text{-}розр}$ та асиметрії $C_{S\text{-}розр}$ розподілу витрат води річкового стоку:

$$\begin{aligned}[C_{V\text{-}розр};\ C_{S\text{-}розр}] = :&[C_{V\text{-}min};\ C_{S\text{-}min}],\\ &[C_{V\text{-}min};\ \overline{C_S}\ ],\\ &[C_{V\text{-}min};\ C_{S\text{-}max}],\\ &[C_{V\text{-}max};\ C_{S\text{-}min}],\\ &[C_{V\text{-}max};\ \overline{C_S}\ ],\\ &[C_{V\text{-}max};\ C_{S\text{-}max}].\end{aligned} \qquad (1)$$

Порівняльний аналіз проводився за значенням продуктивності відповідного варіанту малої ГЕС як обсягу виробництва електроенергії, приведеного до базового варіанту. За базовий варіант малої ГЕС приймали станцію з гідроенергетичними параметрами, визначеними за середньозважених значень коефіцієнтів варіації $\overline{C_V}$ та асиметрії $\overline{C_S}$:

$$[C_{V\text{-}баз};\ C_{S\text{-}баз}] = [\overline{C_V};\ \overline{C_S}\ ]. \qquad (2)$$

Тобто, значення приведеної продуктивності малої ГЕС визначалось як:

$$Пр = \frac{W_{розр}}{W_{баз}} = \frac{f\left(C_{V-розр};C_{S-розр}\right)}{f\left(\overline{C_V};\overline{C_S}\right)}, \qquad (3)$$

де $W_{розр}$, $W_{баз}$ – обсяг виробництва електроенергії малою ГЕС відповідно за розрахункового та базового варіанту станції, МВт·год/рік.

Деталізація виконання гідроенергетичних розрахунків викладена у [4, 10].

Згідно [4] подальший аналіз може бути проведений для випадку ГЕС у складі 3-х гідроагрегатів з проектними витратами води, рівними значенню середньобагаторічної витрати досліджуваного створу.

Зіставлені в модульних коефіцієнтах $k_P = f(C_V/C_S,\ C_V,\ p)$ таблиці ординат кривих забезпеченостей розподілу в формі Крицького-Менкеля [11] свідчать, що зміна коефіцієнта асиметрії C_S (при C_V, p = const) практично не впливає на величину модульного коефіцієнта, тоді як зміна C_V (за умови C_S, p = const) обумовлює помітний вплив на значення величини k_P. Так, із отриманих результатів випливає, що зміна коефіцієнта асиметрії від мінімального до максимального значення в кожному випадку розгляду окремого гідрографічного району дає зміну приведеної продуктивності, що практично не перевищує 3%. При аналогічній же зміні коефіцієнта варіації зміна приведеної продуктивності може досягати більш ніж 20%. Значення ординат кривих розподілу доступні в обмеженому діапазоні зміни коефіцієнтів варіації та асиметрії, тому в окремих випадках, за умови виходу з доступних діапазонів зміни цих коефіцієнтів, при виконанні розрахункових досліджень було прийнято рішення орієнтуватись саме на значення коефіцієнта варіації.

Розрахункові результати. Враховуючи вищезазначене, визначено межі зміни приведеної продуктивності малої ГЕС для кожного з 12-ти гідрографічних районів у залежності від характеристик стоку водотоків відповідного басейну. На рис. 1 зображено рівні максимальних та мінімальних значень приведеної продуктивності малої ГЕС ($Пр_{max}$, $Пр_{min}$ відповідно) за граничних гідрометеорологічних параметрів стоку.

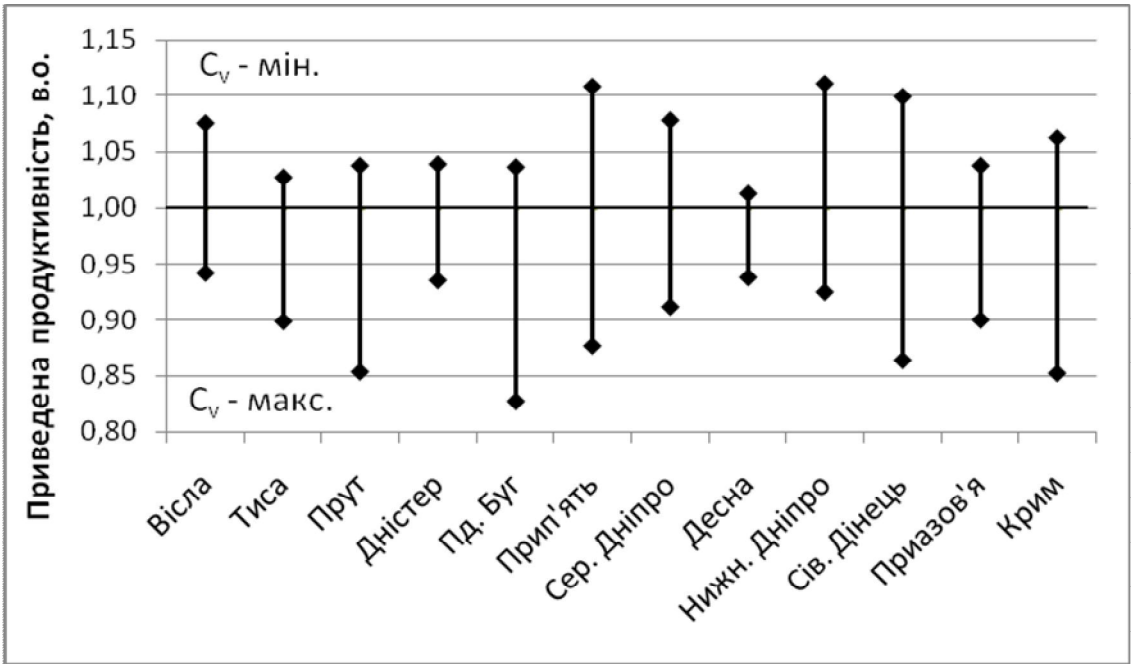

Рис. 1. Зміна приведеної продуктивності малої ГЕС у межах гідрографічного району.

Як приклад, розглянемо визначення граничних значень приведеної продуктивності гідрографічного району басейну річки Вісла:

- обсяг виробництва електроенергії малою ГЕС за базового варіанту станції $W_{баз}$, тобто обсяг виробництва, визначений за середньозважених значень коефіцієнтів варіації та асиметрії розподілу витрат стоку басейнового району р. Вісли, становив 1115,5 МВт·год/рік;
- максимальне значення обсягу виробництва електроенергії малою ГЕС за розрахункового варіанту, згідно (1), для басейну р. Вісли становило 1200,2 МВт·год/рік, що відповідає обсягу виробництва електроенергії, визначеного за мінімальних значень коефіцієнтів варіації та асиметрії даного гідрографічного району:

$$W_{розр}^{макс} = f\left(C_{V-розр}; C_{S-розр}\right) = f\left(C_{V-\min}; C_{S-\min}\right), \quad (4)$$

де $C_{V\text{-}min}$=*0,28 в.о.;* $C_{S\text{-}min}$=*0,67 в.о.*

Тоді максимальне значення приведеної продуктивності дорівнює:

$$Пр_{\max} = \frac{W_{розр}^{макс}}{W_{баз}} = \frac{1200,2}{1115,5} = 1,08 \text{ в.о.} \quad (5)$$

- аналогічно мінімальне значення обсягу виробництва електроенергії малою ГЕС становило 1052 МВт·год/рік, що відповідає обсягу виробництва електроенергії, визначеного за максимальних значень коефіцієнтів варіації та асиметрії даного гідрографічного району:

$$W_{розр}^{мін} = f\left(C_{V-розр}; C_{S-розр}\right) = f\left(C_{V-\max}; C_{S-\max}\right), \quad (6)$$

де $C_{V\text{-}max}$=*0,54 в.о.;* $C_{S\text{-}max}$=*1,4 в.о.*

Таким чином мінімальне значення приведеної продуктивності становить:

$$Пр_{\min} = \frac{W_{розр}^{мін}}{W_{баз}} = \frac{1052}{1115,5} = 0,94 \text{ в.о.} \quad (7)$$

Встановлено, що за мінімальних значень коефіцієнта варіації обсяг генерування електроенергії досліджуваних варіантів гідроелектростанції перевищує аналогічну величину базового варіанту, тобто:

$$\begin{gathered} Пр\ (C_{V\text{-}розр};\ C_{S\text{-}розр}) > Пр\ (C_{V\text{-}баз};\ C_{S\text{-}баз}), \\ Пр\ (C_{V\text{-}розр};\ C_{S\text{-}розр}) = Пр_{max} = \\ = max\{Пр(C_{V\text{-}min};\ C_{S\text{-}min}),\ Пр(C_{V\text{-}min};\ \overline{C_S}\ ), \\ Пр(C_{V\text{-}min};\ C_{S\text{-}max})\}, \end{gathered} \quad (8)$$

де продуктивність базового варіанту кожного окремого гідрографічного району відповідно рівна 1.

Аналогічно у випадку розгляду максимальних значень коефіцієнта варіації спостерігається зниження продуктивності відносно базового варіанту:

$$Пр\ (C_{V\text{-}розр};\ C_{S\text{-}розр}) < Пр\ (C_{V\text{-}баз};\ C_{S\text{-}баз}),$$
$$Пр\ (C_{V\text{-}розр};\ C_{S\text{-}розр}) = Пр_{min} = \quad (9)$$
$$= max\{Пр(C_{V\text{-}max};\ C_{S\text{-}min}),\ Пр(C_{V\text{-}max};\ \overline{C_S}),$$
$$Пр(C_{V\text{-}max};\ C_{S\text{-}max})\}.$$

Дійсно, низькі значення C_V характеризують річки зі стійким водотоком, тоді як високі значення C_V спостерігаються переважно у засушливих районах низької зволоженості. Коефіцієнт варіації річного стоку річок України змінюється від 0,4 у північних зволожених регіонах до 0,9-1,0 на півдні країни [12].

За результатами попередніх розрахункових досліджень встановлено діапазони зміни приведеної продуктивності розглянутих гідрографічних районів. Відхилення граничних значень продуктивності від значення базового варіанту становить 5-15%. Проте для басейнових районів Нижнього Дніпра та Південного Бугу максимальне відхилення продуктивності зростає до 20% (у випадку $[C_{V\text{-}розр};\ C_{S\text{-}розр}]=[C_{V\text{-}min};\ C_{S\text{-}min}]$) та 35% ($[C_{V\text{-}розр};\ C_{S\text{-}розр}]=[C_{V\text{-}max};\ C_{S\text{-}min}]$) відповідно. При аналізі гідрометеорологічних даних цих басейнів було прийнято рішення про виключення з подальших розрахункових досліджень гідрометеорологічних постів, значення коефіцієнтів варіації яких нехарактерні для досліджуваного басейну. Уточнено середньозважені значення коефіцієнтів варіації та асиметрії гідрологічних районів Південного Бугу та Нижнього Дніпра (див. табл. 1).

Як випливає з табл. 1, виключення нехарактерних постів практично не впливає на значення коефіцієнтів. У той же час максимальне відхилення граничного значення продуктивності від значення базового варіанту зменшується з 35 до 17% для басейну Південного Бугу та з 20 до 11% для суббасейну Нижнього Дніпра.

У табл. 2 узагальнено вихідні дані параметрів розподілу стоку з внесенням поправки на виключення нехарактерних ГП районів Південного Бугу та Нижнього Дніпра.

Таблиця 1. Значення коефіцієнтів варіації та асиметрії

Середньозважені значення коефіцієнтів варіації та асиметрії, визначені на основі даних багаторічних спостережень усіх гідрометеорологічних пунктів виміру			
Басейновий район	кількість ГП, шт.	$\overline{C_V}$	$\overline{C_S}$
Південного Бугу	22	0,42	0,82
Нижнього Дніпра	7	0,86	0,87
Уточнені середньозважені значення коефіцієнтів варіації та асиметрії (з виключенням нехарактерних пунктів)			
Басейновий район	кількість ГП, шт.	$\overline{C_V}$	$\overline{C_S}$
Південного Бугу	20	0,42	0,81
Нижнього Дніпра	6	0,87	2,09

Таблиця 2. Значення коефіцієнтів варіації та асиметрії малих річок України

Басейн, суббасейн	**ГП, шт.**	$\overline{C_V}$	$\overline{C_S}$	**Діапазон зміни**		**Продуктивність, в.о.**
				C_V	C_S	
I. Вісла (Західний Буг та Сан)	7	0,42	0,88	0,28 - 0,54	0,67 - 1,4	0,94 - 1,08
II. Дунай:						
1. Тиса	4	0,30	0,21	0,24 - 0,5	0 - 1,1	0,90 - 1,03
2. Прут і Сірет	6	0,38	1,04	0,31 - 0,69	0,8 - 1,67	0,85 - 1,04
3. Нижній Дунай	–	–	–	–	–	–
III. Дністер	26	0,33	0,68	0,21 - 0,45	0,3 - 1,73	0,94 - 1,04
IV. Південний Буг	20	0,42	0,81	0,36 - 0,75	0,4 - 1,72	0,83 - 1,04
V. Дніпро:						
4. Прип'ять	22	0,47	1,18	0,24 - 0,72	0,55 - 2,00	0,88 - 1,11
5. Десна	4	0,33	0,89	0,31 - 0,45	0,87 - 1,53	0,94 - 1,01
6. Середній Дніпро	27	0,49	1,02	0,34 - 0,66	0,5 - 1,63	0,91 - 1,08
7. Нижній Дніпро	6	0,87	2,09	0,69 - 0,93	1,28 - 2,4	0,93 - 1,11

Басейн, суббасейн	ГП, шт.	$\overline{C_V}$	$\overline{C_S}$	Діапазон зміни		Продуктивність, в.о.
				C_V	C_S	
VI. Річки Причорномор'я			–	–	–	–
VII. Дон:						
8. Сіверський Дінець	9	0,45	0,95	0,28 - 0,71	0,1 - 1,7	0,86 - 1,10
9. Нижній Дон	–	–	–	–	–	–
VIII. Річки Приазов'я	9	0,55	1,03	0,48 - 0,72	0,64 - 1,66	0,90 - 1,04
IX. Річки Криму	12	0,42	0,74	0,32 - 0,72	0 - 1,58	0,85 - 1,06

Прийнято, що гідроенергетичні розрахунки досліджуваного створу водотоку виконуються з використанням середньозважених значень коефіцієнтів варіації та асиметрії відповідного гідрографічного району. І при проведенні розрахунків питання можливого зниження продуктивності потребує обов'язкового розгляду. Були встановлені значення максимального зниження продуктивності гідроелектростанції для кожного з 12-ти басейнових районів малих річок України, які в цілому не перевищують 15% (див. рис. 1). Тобто фактичний обсяг виробництва електроенергії малою ГЕС може бути меншим не більш ніж на 15% очікуваного обсягу виробітку електроенергії, визначеного за осереднених коефіцієнтів розподілу стоку.

Висновки. Виконано оцінку впливу параметрів розподілу річного стоку води малих річок України, зокрема значень коефіцієнтів варіації та асиметрії, на визначення гідроенергетичних характеристик малої ГЕС. Відмічено зниження продуктивності станції у зв'язку з відмінністю фактичних гідрологічних умов досліджуваного створу станції від осереднених параметрів стоку. Необхідною і достатньою виявляється інформація щодо витрат стоку створу малої ГЕС. Встановлено діапазони зміни приведеної продуктивності малої ГЕС для 12-ти гідрографічних районів території України від 11% до 17%.

1. Керівні принципи розвитку гідроенергетики / Міжнародна комісія по захисту річки Дунай, 18-19 червня 2013 р., м.Сараєво (Боснія і Герцеговина).

2. *Киселев Г.С.* Автоматическое регулирование мощности гидроэлектростанций по водотоку. – М.: "Энергия", 1973. – 121 с.

3. *Буачидзе С.Р.* Многоагрегатные автоматические гидростанции, работающие по водотоку // Автоматика и телемеханика. – 1952. – №2. – Т. 13. – С. 158–168.

4. *Ібрагімова М.Р.* Визначення проектних параметрів малої ГЕС за регулювання потужності по водотоку // Відновлювана енергетика. – 2016. – №1. – С. 55–60. – ISSN 1819–8058.

5. *Васько П.Ф., Ібрагімова М.Р.* Енергетична ефективність гідроагрегатів у складі малої гідроелектростанції за регулювання її потужності по водотоку // Відновлювана енергетика. – 2015. – №4. – С. 44–79. – ISSN 1819–8058

6. ДБН В.2.4-8:2014. Визначення розрахункових гідрологічних характеристик. – Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій (НДІБК) Мінрегіонбуду України.

7. *Ібрагімова М.Р.* Середньозважені значення коефіцієнтів варіації та асиметрії річного стоку води малих річок України для задач малої гідроенергетики // Відновлювана енергетика. – 2015. – №1. – С. 48–52. – ISSN 1819–8058.

8. *Яцик А.В., Бишовець Л.Б., Богатов Є.О. та ін.* Малі річки України: Довідник / За ред. А.В. Яцика. – К.: Урожай, 1991. – 296 с.

9. Справочник по водным ресурсам / Под ред. Б.И. Стрельца. – К.: Урожай, 1987. – 304 с.

10. *Мороз А.В.* Метод аналітичного визначення гідроенергетичного потенціалу створу малої річки на основі лінеаризації імовірнісного розподілу витрат води // Відновлювана енергетика. – 2014. – №4. – С. 69–74. – ISSN 1819–8058.

11. *Дружинин В.С., Сикан А.В*. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. Учебное пособие. Направление "Гидрометеорология". Специальность "Гидрология". – СПб.: изд. РГГМУ, 2001. – 170 с.

12. Галущенко М.Г., Ромась І.М. Умови формування та розрахунок мінімального стоку річок басейну Дніпра (в межах України) // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2001. – Т. 2. – С. 289–295.

REFERENCES

1. Guiding Principles (2013). Sustainable Hydropower Development in the Danube Basin. ICPDR – International Commission for the Protection of thr Danube River [in English].

2. *Kiselev, G.S* (1973). *Avtomaticheskoe regulirovanie moshhnosti gidrojelektrostancij po vodotoku* [Automatic capacity control of hydroelectric power plants by a watercourse]. Moscow, Russia: Jenergija [in Russian].

3. *Buachidze, S.R.* (1952). Mnogoagregatnye avtomaticheskie gidrostancii, rabotajushhie po vodotoku [Multi-unit hydroelectric power plants that operate by a watercourse]. *Avtomatika i telemehanika [Automation and Remote Control] Vol.13, No.2*, 158–168 [in Russian].

4. *Ibragimova, M.R.* (2016). Vyznachennja proektnyh parametriv maloi' GES za reguljuvannja potuzhnosti po vodotoku [Determining design parameters for small hydropower plant when controlling the power by watercourse]. *Vidnovljuvana energetyka [Renewable Energy], 1*, 55–60 [in Ukrainian].

5. *Vas'ko, P.F., Ibragimova, M.R.* (2015). Energetychna efektyvnist' gidroagregativ u skladi maloi' gidroelektrostancii' za reguljuvannja i'i' potuzhnosti po vodotoku [Energy efficiency of hydroelectric units of small hydropower plant according to the task of regulation of capacity by the watercourse of the river]. *Vidnovljuvana energetyka [Renewable Energy], 4,* 44–79 [in Ukrainian].

6. DBN V.2.4-8:2014 (2014). *Vyznachennja rozrahunkovyh gidrologichnyh harakterystyk* [State Building Standards: Determining the Calculated Hydrological Characteristics]. Naukovo-doslidnyj instytut budivel'nyh konstrukcij (NDIBK) Minregionbudu Ukrai'ny [State Research Institute of Building Constructions of the Ministry of Regional Development, Construction, and Communal Living of Ukraine].

7. *Ibragimova, M.R.* (2015). Seredn'ozvazheni znachennja koeficijentiv variacii' ta asymetrii' richnogo stoku vody malyh richok Ukrai'ny dlja zadach maloi' gidroenergetyky [Weighted average coefficients of variation and skewness of annual streamflows for small rivers of Ukraine defined on behalf of *small* scale *hydropower tasks*]. *Vidnovljuvana energetyka [Renewable Energy], 1*, 48–52 [in Ukrainian].

8. *Jacyk, A.V., Byshovec', L.B., Bogatov, Je.O.* (1991). *Mali richky Ukrai'ny: Dovidnyk* [The Ukraine Small Rivers Handbook]. Kyiv, Ukraine: Urozhaj [in Ukrainian].

9. *Strelec, B.Y.* (Ed.). (1987). *Spravochnik po vodnym resursam* [Water Resources Handbook]. Kyiv, Ukraine: Urozhaj [in Russian].

10. *Moroz, A.V.* (2014). Metod analitychnogo vyznachennja gidroenergetychnogo potencialu stvoru maloi' richky na osnovi linearyzacii' imovirnisnogo rozpodilu vytrat vody [Method to analytically determine hydropower potential for a small river alignment based on linearization probability distribution of water consumption]. *Vidnovljuvana energetyka [Renewable Energy], 4,* 69–74 [in Ukrainian].

11. *Druzhinin, V.S., Sikan, A.V.* (2001). *Metody statisticheskoj obrabotki gidrometeorologicheskoj informacii. Uchebnoe posobye* [Methods of statistical processing of hydrometeorological information. Textbook]. Saint Petersburg, Russia: RGGMU [in Russian].

12. *Galushhenko, M.G., Romas', I.M.* (2001). Umovy formuvannja ta rozrahunok minimal'nogo stoku richok basejnu Dnipra (v mezhah Ukrai'ny) [Conditions of formation and calculation the minimum river flow of the Dnipro Basin at the territory of Ukraine]. *Gidrologija, gidrohimija i gidroekologija [Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology], 2,* 289–295 [in Ukrainian].

М.Р.Ибрагимова (Институт возобновляемой энергетики НАН Украины, Киев)

Энергетический аспект регулирования мощности малой ГЭС по водотоку реки при различных гидрогеологических параметрах стока

Определены количественные значения возможного снижения производительности малой ГЭС при применении усредненных параметров распределения стока воды рек. Библ. 20, табл. 2, рис. 3.

Ключевые слова: *обеспеченность, коэффициент вариации, коэффициент асимметрии, малая гидроэлектростанция, производительность, средневзвешенное значение.*

Ibragimova M. (Institute of Renewable Energy, NAS of Ukraine, Kyiv)

Energy aspect of capacity control of small hydropower plant by a water flow in accordance to various hydrological parameters

There has been determined possible loss of productivity of small hydropower plant in terms of using the averaged distribution parameters of water flow References 20, tables 2, figures 3.

Keywords: *availability, coefficient of variation, coefficient of skewness, small hydropower plant, productivity, weighted average.*

SYNOPSES

Current issues of effective power systems management, the determination of the best ways to use equipment as part of the system and its energy efficient modes are becoming increasingly important. Rising interest in mode of capacity control of small hydropower plant by a water flow is caused primarily by energy efficiency and environmental friendliness of this mode. Numerous theoretical and applied researches are implemented nowadays.

It's necessary to identify the importance of exploring the energy aspect of capacity control of small hydropower plant by a water flow that hadn't previously been considered in detail. It has been used probabilistic methods to take account of water availability of the river and environmental limitations on water use for power production, determining energy parameters and evaluating the effectiveness of small hydropower plants. The Krytskyy-Menkel three-parameter probability distribution of water flow is widely applied to hydropower calculations and recommended by state standards. The distribution requires a statistics on coefficients of variation and skewness values, as well as discharge rate. Due to the paucity or even lack of hydrometeorological data it was proposed to use the weighted average coefficients of variation and skewness, defined by spatial averaging of prob-

ability distribution parameters based on the existing hydrometeorological information. The averages have been made for territories defined in accordance to the hydrographic river basin type scheme.

It has been estimated the influence of distribution parameters of annual streamflows for small rivers of Ukraine on the evaluation of hydropower characteristics of small hydropower plants. It was observed a slight loss of productivity of the station due to the difference between the actual hydrological conditions of the investigated water balance station and weighted average parameters. The ranges of productivity change in small hydropower plant have been determined. The probable loss of productivity can amount to: 6% – the basins of the Vistula, the Dniester, the Desna; 7% – the basin of the Lower Dnieper; 9% – the basin of the Middle Dnieper; 10% – the basin of the Tisa and Azov area; 12% – the basin of the Prypyat; 14% – the basin of the Seversky Donets; 15% – the basin of the Prut and Crimea area; 17% – the basin of the Southern Bug.

Стаття надійшла до редакції 01.06.16
Остаточна версія 08.06.16