

## ОБҐРУНТУВАННЯ СТОХАСТИЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ПРОЕКТНОГО СЕРЕДОВИЩА В ПРОЕКТАХ СИСТЕМ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА МАЛИХ РІЧКАХ

*к.т.н. М. Бабич*

*Львівський національний аграрний університет*

**Аналіз проблеми.** Досягти оптимальних характеристик проекту системи виробництва електроенергії (СВЕ) на основі використання гідроенергії малих річок можна, узгоджуючи параметри складових цієї системи з характеристиками проектного середовища. Середовищу притаманні стохастичні показники (витрата води в створах річки), які необхідно враховувати під час його дослідження. Слід розробити методи та моделі, які б дали змогу обґрунтувати стохастичні характеристики такого середовища.

**Огляд останніх досліджень і публікацій.** Аналіз літератури, де обґрунтовані стохастичної складових середовища проекту СВЕ на малих гірських річках, свідчить про належне опрацювання цієї теми [3–5]. Результати цих досліджень не можна використати повністю, оскільки вони загальні і не дають відповіді на основне питання – як визначити потенційні гідроенергетичні ресурси у не вивчених створах річки. Насамперед це пов'язано з відсутністю системного підходу та єдиної методології до розв'язання таких задач.

**Постановка завдання.** Мета дослідження – розробити відповідні методи для обґрунтування стохастичних характеристик проектного середовища у проектах СВЕ на малих гірських річках.

**Виклад основного матеріалу.** Будь-який проект виникає, існує та розвивається у межах певного оточення, яке називають проектним середовищем. Однією зі складових середовища в нашому проекті СВЕ є мала гірська річка Шипіт, яка характеризується набором стохастичних та детермінованих показників. Стохастичними є витрати води в конкретних створах річки, детермінованими – статичні напори та середньорічні витрати води за довжиною річки. Обґрунтування характеристик проектного середовища дає змогу визначити гідроенергетичні ресурси річки.

Для означення детермінованих показників проектного середовища використано результати дослідження поздовжніх профілів ділянок річки та топографічних характеристик місцевості [4, 5]. Проаналізувавши їх, оцінили зміну витрати води та статичного напору за довжиною річки й побудували відповідні криві (рис. 1). За точку відліку взяли гирло річки, а не витік (початок річки) з тих міркувань, що тут розташований водомірний пост, який дає змогу встановити географічне положення річки. Витік гірської річки практично неможливо визначити.

Основою для обґрунтування стохастичної складової проектного середовища – показників витрати води  $\tilde{Q}$  в конкретному створі річки є багаторічні дані спостережень, норма і мінливість стоку за багаторічний період. Ці спостереження ведуться на водомірних постах, які розміщені на малих і середніх річках, недалеко від впадання в

головну річку. Таке розташування водомірних постів зручне для оцінки сумарного стоку всього басейну конкретної річки, однак, це не дає інформації про особливості стоку і його обсяг уздовж річки, що важливо для обґрунтування гідроенергетичного обладнання. Тому першочерговим є дослідження поздовжніх профілів річок.

Вибір річки Шипіт, яка протікає на території Закарпатської області, зумовлено тим, що вона є типовою за русловою потужністю, довжиною, рельєфом місцевості, статичним напором тощо.

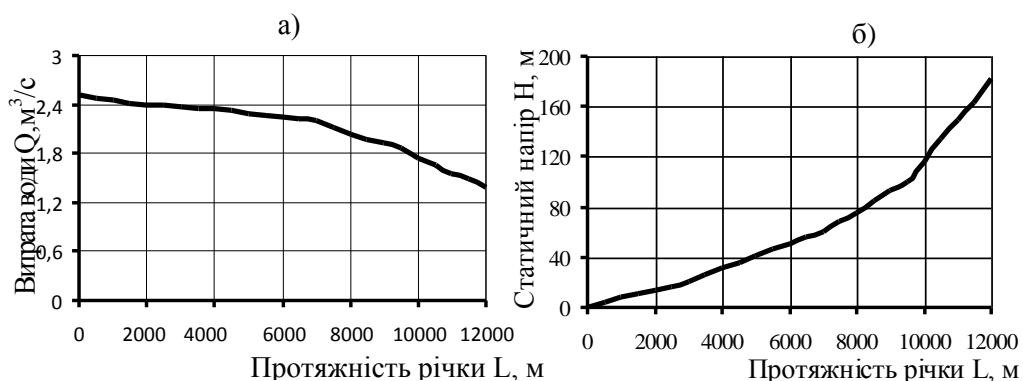


Рис. 1. Зміна витрати води (а) та статичного напору (б) за довжиною річки.

Для досліджень використовували дані водомірного посту біля місця її впадання в річку Тур'я за 2010–2012 рр. На підставі аналізу щоденних спостережень (дані облводгоспу) за річкою в досліджуваному створі побудували графік, який відтворює динаміку зміни витрати води впродовж року (рис. 2).

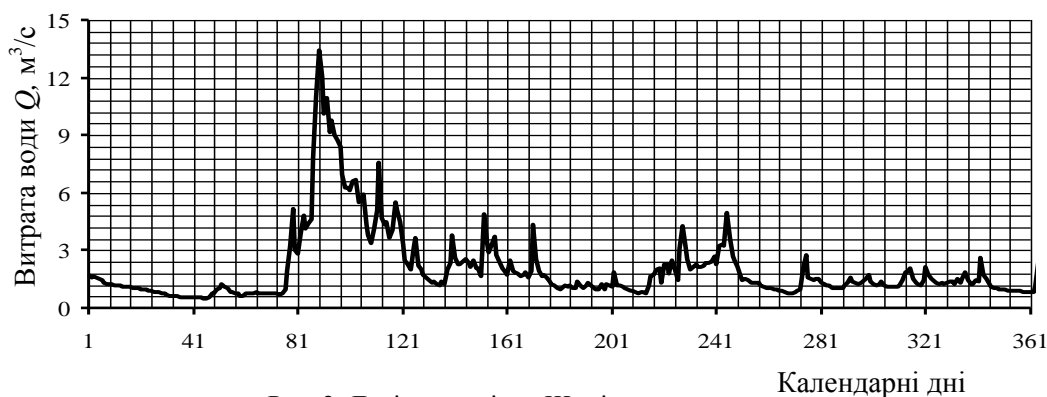


Рис. 2. Дані стоку річки Шипіт.

Щоб врахувати коливання витрат води у відповідні періоди року, з отриманих даних про ці витрати води в досліджуваному створі річки сформовано 12 вибірок відповідно до кожного місяця року. Для опрацювання результатів багаторічних спостережень доцільно скористатись методами математичної статистики. Встановили, що кожна із цих вибірок описує закон розподілу Вейбулла [1, 2].

Густина функції наведеного розподілу витрати води в досліджуваному створі річки за червень має вигляд

$$f(Q) = 0,77 \cdot \left( \frac{Q - 0,87}{1,320} \right)^{0,018} \cdot e^{-\left( \frac{Q - 0,87}{1,320} \right)^{1,018}} \quad (1)$$

Теоретичний розподіл витрати води з емпіричними даними узгоджували за критерієм  $\chi^2$ -Пірсона. Зокрема, для червня значення критерію  $\chi^2$ -Пірсона становить 5,201 і є менше за табличне ( $\chi^2 = 6,251$ ), що свідчить про те, що рівняння (1) можна вважати теоретичним законом розподілу Вейбулла (рис. 3).

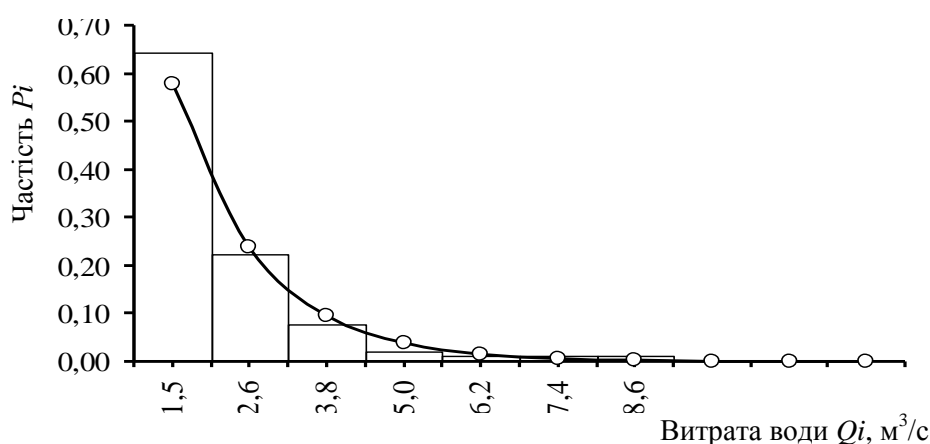


Рис. 3. Гістограма та теоретична крива розподілу витрати води р. Шипіт (червень 2010–2012 рр.).

Таким чином, після обґрунтування стохастичної складової проектного середовища отримані числові характеристики розподілів витрат води для всіх місяців календарного року. Деякі з них, зокрема параметри мірила  $a_m$  та форми  $b_m$ , і мінімальні витрати води  $Q_{\min}$  подано в таблиці.

Виходячи з вигляду інтегральної кривої, згідно зі законом розподілу Вейбулла можна записати функцію генератора випадкової величини витрати води, за якою можна спрогнозувати витрату води для досліджуваного створу річки [1, 2].

$$Q = \left[ -\ln \cdot (1 - \xi)^{\frac{1}{b_m}} \right] \cdot a_m + Q_{\min} \quad (2)$$

### Параметри розподілів Вейбулла витрат води в досліджуваному створі річки

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$a_m$	0,42	0,25	1,99	3,11	1,16	1,32	0,48	1,47	1,34	0,63	0,54	0,28
$b_m$	1,45	1,74	1,23	1,32	1,50	1,018	1,53	1,82	1,07	1,27	1,62	1,39
$Q_{\min}$ , м <sup>3</sup> /с	0,65	1,14	1,31	4,41	1,39	0,87	0,95	0,95	1,02	1,43	1,41	1,11

Як відомо, характерною особливістю річок є зміна показників витрати води вздовж русла, що пов'язано з висотою місцевості, ухилом поверхні, різницею опадів на високогір'ї і передгір'ї тощо. Тому, функція (2) непридатна для створів, в яких є невідомі щоденні показники витрат води.

Сток річки в різних створах взаємопов'язаний. Вважаємо, що розподіл витрати води матиме ідентичний характер за довжиною русла річки. Маючи значення середньорічної витрати води в інших створах (рис. 1а), можна скористатись основними параметрами розподілу визначеного створу (параметри мірила та форми, коефіцієнт варіації) для визначення показників витрати води у створах річки.

Для визначення витрати води в будь-якому створі річки приймаємо, що отримане згідно з (2) значення  $\tilde{Q}$  відноситься до середнього значення витрати води  $\bar{Q}$  у створі  $L_1$  так, як  $\tilde{Q}(L_0)/\bar{Q}(L_0)$ .

Звідси витрата води у створі річки  $L_1$

$$\tilde{Q}(L_1) = \tilde{Q}(L_0) \cdot \frac{\bar{Q}(L_1)}{\bar{Q}(L_0)}. \quad (3)$$

Враховуючи вирази (2) і (3), функцію генератора випадкової величини витрати води в створах річки зведемо до

$$\tilde{Q}_1 = \left( \left[ -\ln \cdot (1 - \xi)^{\frac{1}{b}} \right] \cdot a + Q_{\min} \right) \cdot \frac{\bar{Q}(L_1)}{\bar{Q}(L_0)}. \quad (4)$$

За відсутності режимних спостережень функція (4) є оптимальною для визначення та прогнозування показників витрати води в недосліджуваних створах річки.

Таким чином, описана методика дає змогу обґрунтувати стохастичні характеристики проектного середовища, що є основою для оптимізації параметрів малих гідроелектростанцій у проектах СВЕ на малих річках.

**Висновки.** Запропоновану методику обґрунтування стохастичних та детермінованих характеристик проектного середовища на прикладі р. Шипіт, можна використати для інших малих гірських річок. Означення основних складових проектного середовища та їх характеристик є передумовою статистичної імітаційної моделі СВЕ. Обґрунтування стохастичної складової (витрати води у створі річки) за допомогою методів математичної статистики дає змогу об'єктивно відобразити стохастичну

поведінку проектного середовища та її вплив на системні функціональні показники елементів СВЕ під час її моделювання.

#### **Бібліографічний список**

1. Бабич М. І. Формалізація умов проектного середовища в проектах систем виробництва електроенергії на малих гірських річках / М. І. Бабич // Восточно-Европейский журн. передовых технологий : Интегрированное стратегическое управление, управление проектами и программами. – 2011. – №1, № 49. – С. 63–65.
2. Прикладная статистика. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров распределения Вейбулла. ГОСТ 11.007-75. – М. : Изд-во стандартов, 1980. – 30 с.
3. Пташкина-Гирина О. С. Оценка энергетических ресурсов малых рек / О. С. Пташкина-Гирина, Л. А. Саплин // Техника в сельском хозяйстве. – 2000. – № 6. – С. 14–16.
4. Рудько Г. І. Наукові основи екологічної оцінки та оптимального використання гідроресурсів Карпатського регіону України / Г. І. Рудько, Л. М. Консевич. – К. : Знання, 1998. – 138 с.
5. Сиротюк М. І. Відновні енергетичні ресурси Закарпатської області: оцінка потенціалу та проблеми використання: дис. канд. географ. наук. – Львів, 1997. – 185 с.

#### **М. Бабич. Обґрунтування стохастичної складової проектного середовища в проектах систем виробництва електроенергії на малих річках.**

Означені основні складові проектного середовища. Описано методику, яка дає змогу обґрунтувати стохастичні характеристики проектного середовища. Запропоновано функцію, за якою можна прогнозувати витрату води в створах річки, де відсутні щоденні спостереження за стоком. Обґрунтовано характеристики проектного середовища, що є передумовою статистичного імітаційного моделювання системи.

**Ключові слова:** річки, витрата води, система, проектне середовище.

#### **M. Babych. Substantiation stochastic component of the project environment in projects of power generation on small rivers.**

The basic constituents of project environment are marked. The article describes a technique that allows to substantiate stochastic the characteristics of the project environment. A function that allows you to predicting flow rate in the cross-sections of the river where there are no daily monitoring of runoff is proposed. A substantiation characteristic of the project environment is pre-condition of statistical imitation design of the system.

**Keywords:** rivers, flow rate, system, project environment.

#### **М. Бабич. Обоснование стохастической составляющей проектной среды в проектах систем производства электроэнергии на малых реках.**

Отмечены основные составляющие проектной среды. Представлена методика, которая позволяет обосновать стохастические характеристики проектной среды. Предложено функцию, которая позволяет прогнозировать расход воды в створах реки, где отсутствуют ежедневные наблюдения за стоком. Обосновано характеристики проектной среды, что является предпосылкой статистического имитационного моделирования системы.

**Ключевые слова:** реки, расход воды, система, проектная среда.