

## **ПЕРЕСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ БЕЗГРЕБЛЕВИХ МІКРОГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ В УМОВАХ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ**

*Кравець Л. Г., к.т.н., Войцицький А. П., доцент*

*В роботі розглядаються питання мікрогідроенергетики, яка дозволяє використати значний гідроенергетичний потенціал малих рік і приток, систем*

водопостачання, іригації з видачею електроенергії в енергосистему, а в багатьох випадках забезпечити локальне електропостачання віддалених районів або населених пунктів.

**Актуальність теми дослідження.** Електрична енергія багато в чому визначає технічний прогрес, сприяє розвитку високоточних технологій, допомагає забезпечити добробут і життєвий комфорт. Подорожчання природних носіїв енергії – вугілля, нафти, газу – веде до постійного підвищення тарифів на електроенергію, що негативно позначається як на житті пересічних громадян, так і на діяльності дрібних і середніх промислових підприємств та фермерських господарств.

У той же час за оцінками Світової енергетичної ради, економія органічного палива завдяки малій гідроенергетиці в загальному виробництві енергії на 2020 рік буде становити 69 і 99 млн тонн у. п. для відповідно мінімального й максимального варіантів розвитку. Існують цілі регіони, де зайнятість населення і його життєві блага безпосередньо залежать від своєчасної доставки органічного палива, у той час як у більшості з них є невичерпні запаси надійного поновлюваного джерела електричної енергії – води.

Нині все більша увага приділяється «малій енергетиці», що викорис-товує генератори невеликої потужності, які екологічно більш чисті, енергоефективні й економічно більш прийнятні.

Перехід до малої енергетики призводить до децентралізації енерго-постачання, що має інші переваги. Енергія, вироблена на місці, дозволяє знизити вимоги до системи її передачі й забезпечує додаткову надійність. Оскільки більшість виробництв і життєво важливі установи, такі як фінансові або медичні, у цей час є високоавтоматизованими, то перерва в енергопостачанні навіть на короткий час часто приводить до значних економічних і соціальних втрат. Локальні енергоустановки дають також споживачам додатковий ступінь незалежності від централізованих постачальників енергії.

Все це визначило швидкі темпи зростання і розвиток малої енергетики, що базується на розосередженні електричних генераторів невеликої потужності в сучасних системах енергозабезпечення споживачів енергії.

З огляду на переваги малої енергетики в порівнянні із традиційними електричними станціями, варто очікувати її розвитку на Україні, оскільки викладені важливі аргументи є визначальними в сучасній сфері енергозабезпечення. Ніяке енергетичне лобі прихильників використання потужних ТЕС або АЕС не зможе загальмувати розвиток екологічно більш чистих, енергоефективних і економічно більш прийнятних джерел енергії.

Реальним виходом з такої ситуації може стати відновлення ролі малої гідроенергетики як альтернативного джерела енергії. А сучасний рівень техніки дає змогу створювати обладнання для міні- та мікро-ГЕС, що при роботі на незалежного споживача забезпечує якість електричної енергії, яка не поступається за своїми параметрами електроенергії великих теплових і гідроелектростанцій.

Малу гідроенергетику, в першу чергу, варто використовувати у віддалених і важкодоступних районах, де немає ліній електропередачі, а постачання органічного палива пов'язане з великими часовими, технічними й фінансовими труднощами.

Всю територію країни важко повністю охопити мережею централізованого електропостачання, тому, з урахуванням особливостей території, доцільно максимально використовувати природне екологічно чисте поновлювальне джерело енергії – воду, відновивши старі та спорудивши нові міні та мікроГЕС, які могли б успішно забезпечувати споживачів дешевою електричною енергією. Тим більше, що сучасний рівень техніки дозволяє створювати устаткування для міні і мікроГЕС, що забезпечує якість електричної енергії при роботі на ізольованого Споживача, не поступається за своїми параметрами якості електроенергії, виробленої великими тепловими та гідроелектростанціями.

У 50-60 роках минулого століття як в Україні так і в Житомирській області мала

гідроенергетика зробила значний внесок в електропостачання сільських населених пунктів та сільськогосподарських об'єктів. Будівельна та гідротехнічна частина цих гідроелектростанцій збереглася і до нинішніх часів. За умови відповідного фінансування відновлення об'єктів малої гідроенергетики та законодавчо-нормативного врегулювання прав і обов'язків учасників процесів будівництва та відновлення малих ГЕС. За природно-кліматичними умовами Житомирська область належить до регіонів, де розвиток малої гідроенергетики можливий і доцільний. Середньорічний ресурс водостоку області становить приблизно 2,8 кубічних кілометрів. Проте річки області характеризуються малою швидкістю водостоку. Більшість річок має швидкість водостоку 10–20 м<sup>3</sup>/сек і тільки на річках Случ та Тетерів, на межі з Хмельницькою та Київською областями швидкість водостоку складає 30 м<sup>3</sup>/сек.

Згідно з обстеженням, проведеним Харківським НДІ „Укргідропроєкт”, загальний річний гідроенергетичний потенціал усіх річок дорівнює 336 млн. кВт/год. При цьому середня потужність, яка може бути отримана, становить 75 МВт (час використання потужності 4500 год/рік).

Перепади рельєфу в зоні, прилеглій до рік (особливо на виході річок Тетерів і Случ), дуже малі. Тому спорудження малих ГЕС потужністю 1000 кВт є недоцільним через можливе затоплення великих площ сільськогосподарських угідь.

Отже в області з економічної точки зору доцільним є створення об'єктів малої гідроенергетики з встановленою потужністю до 1000 кВт. У разі використання гідротурбін, розрахованих на напір 3–30 м<sup>3</sup>/сек, технічний ресурс за потужністю можна оцінити величиною 34000 кВт. Така потужність забезпечить річне виробництво майже 150 млн. кВт/год електроенергії, становить приблизно 5 відсотків електроспоживання області за рік.

Реконструкцію малих ГЕС доцільно проводити в басейнах річок Случ, Тетерів, Уж, Жерев, Гнилоп'ять, Уборть, Бистрійка, Гуйва, Ірша та інші. Повне використання гідравлічного потенціалу області для виробництва електроенергії може бути реалізоване тільки в разі забезпечення економічної ефективності та конкурентоспроможності малої гідроенергетики області. Ці вимоги можуть бути забезпечені за рахунок використання високоефективних турбін та автоматизованих систем управління (АСУ) роботою (МГЕС). Створення малої гідроенергетики області необхідно проводити за такими основними етапами:

- обстеження басейнів рік з метою уточнення водних кадастрів як вихідних даних для обґрунтування будівництва потужностей;
- розробка проектів комплексного зарегулювання стоків річок та будівництва МГЕС області;
- спорудження пілотних малих ГЕС.

При створенні малої гідроенергетики з технічної, економічної та соціальної точок зору необхідно базуватись на таких основних засадах:

- використання вітчизняних гідротурбін виробництва ВАТ „Турбоатом”, яке розробило досить широкий їх типорозмірний ряд;
- оснащення МГЕС сучасними системами автоматизованого управління з метою зниження виробничих витрат;
- використання власних трудових ресурсів як на етапі спорудження, так і в процесі експлуатації МГЕС.

Обґрунтування доцільності створення об'єктів малої гідроенергетики повинно враховувати економічні, соціальні та екологічні фактори. Згідно із зарубіжними даними структура витрат при спорудженні малих ГЕС в нових створах становить: гідроспоруди та будівлі – 45–50%; основне обладнання – 25–35 %; засоби автоматизації та регулювання – 15%; затрати на інфраструктуру території – 5–10%.

При готовому напірному фронті (існуючі водойми) витрати на будівництво зменшуються на 30–40 %. Використання простих турбін на базі елементів серійних насосів знижує вартість турбінного обладнання на 20–30 %. На етапі попередніх

досліджень, які проводили представники ВАТ „Облагропроменерго” та ВАТ „Турбоатом”, було обстежено 11 гідротехнічних споруд, будівель малих ГЕС в Бердичівському, Романівському, Новоград-Волинському, Лугинському та Народицькому районах, містах Житомирі та Новограді-Волинському. За результатами обстеження найбільш доцільними та першочерговими місцями будівництва, відновлення та реконструкції малих ГЕС в області пропонуються такі об’єкти:

- відновлення на р. Жерев на місці старої Повчанської МГЕС, у Лугинському районі. Гідроелектростанція була введена в експлуатацію в 1956 році. В наявності бетонна гребля, напір води в межах 5,5–4,5 метра, водосховище площею 76 га, проектний об’єм водного запасу – 1420 тис. м<sup>3</sup>. Будівля МГЕС частково збереглася, але потребує суттєвого ремонту та відновлення. Можливе встановлення генеруючих потужностей в кількості 2-х гідротурбін з генератором потужністю 160 кВт кожна;

- відновлення Розсохівської МГЕС у Народицькому районі, на р. Уж. Стара МГЕС, яка була введена в експлуатацію в 1955 році. В наявності бетонна гребля, напір води в межах 4,0–3,5 метра, водосховище площею майже 60 га. Будівля МГЕС частково збереглася, але потребує суттєвого ремонту та відновлення. Можливе встановлення генеруючих потужностей в кількості 2-х гідротурбін з генератором потужністю 160 кВт кожна;

- відновлення Слободищенської МГЕС в с. Слободище Бердичівського району, на р. Гнилоп’ять. На місці старої МГЕС, яка була введена в експлуатацію в 1953 році. В наявності бетонна гребля, напір води в межах 5,0 метра, водосховище площею 175 га, об’єм водного запасу – 3500 тис. м<sup>3</sup>. Будівля МГЕС збереглася, але потребує ремонту та відновлення. Шлюзи бутобетонні збереглися, потребують ремонту. Можливе встановлення генеруючих потужностей в кількості 2-х гідротурбін з генератором потужністю 125 кВт кожна;

- будівництво МГЕС на р. Тетерів (Денишівське водосховище), в с. Дениші. В наявності гребля із бетону, потребує ремонту. Напір води в межах 17 метрів. Площа водосховища 255 га, запас води 13,0 млн. м<sup>3</sup>. Можливе встановлення генеруючих потужностей в кількості 3-х гідротурбін з генератором потужністю 250 кВт кожна.

Програма відновлення роботи об’єктів малої гідроенергетики області може бути втілена в життя у разі її фінансової підтримки цільовими інвестиціями з державного бюджету, насамперед, за рахунок коштів, які виділяються на заходи з енергозбереження, та коштів місцевих бюджетів. Виходячи з обрахованих необхідних капіталовкладень, пропонується в першу чергу, відновити у 2007 році Повчанську МГЕС на річці Жерев в Лугинському районі та Слободищенську МГЕС на річці Гнилоп’ять в Бердичівському районі.

У 2008 році пропонується розпочати, а в 2009 році завершити відновлення МГЕС на річці Тетерів (Денишівське водосховище) та Розсохівську МГЕС на річці Уж в Народицькому районі. Більш перспективними ГЕС в умовах Житомирського полісся Міні і мікрогідроелектростанції, які отримали велику популярність серед населення багатьох країн світу.

В тих місцевостях, де присутні невеликі водоймища, установка мікроГЕС стане чудовим рішенням для автономного або резервного електропостачання. На сьогоднішній день використання мікроГЕС дозволяє заощадити витрати на електроенергію, або ж, стати повністю незалежним, які відрізняються своїми габаритами і потужністю – 3–100 кВт.

МікроГЕС мають безліч переваг:

- найголовнішу з яких, – екологічність. Так, на відміну від великих гребель ГЕС, ці станції ніяк не впливають на довкілля – якість води, напрям і швидкість потоку, розвиток біосистеми в оді і на навколишніх землях;

- надійне, компактне і таке, що швидко окупається джерело електроенергії, яке доступне кожному. Для його роботи потрібний лише струм води – це може бути струмок, невелика річка, перепад рівнів в озері іригаційна система, стічні води тощо;

- мають перевагу і перед іншими альтернативними джерелами енергії вітряними й сонячними електростанціями. Справа в тому, що ці ГЕС можуть працювати при будь-яких погодних умовах, які не впливають на струм води. Важливим є і те, що мікроГЕС можуть значно зменшувати шкоду щорічних паводків, за рахунок регулювання рівня води у водоймі;

- чудове рішення для віддалених від ліній електропередач селищ, господарств, млинів. Часто такі станції встановлюють в гірських або важкодоступних районах.

Потужність мікро і малих ГЕС визначається за формулою:

$$P = Q \cdot (H_v - H_n) \cdot \eta \cdot g, \quad (1)$$

де  $P$  – потужність, кВт;  $Q$  – витрата води через турбіну, м<sup>3</sup>/с;  $H_v$  – геометрична висота від верхнього до нижнього бар'єру, м;  $H_n$  – гідравлічні втрати в напірних трубопроводах, м;  $\eta$  – коефіцієнт корисної дії (0,5 – 0,7);  $g$  – прискорення вільного падіння (9,8 м/сек).

В залежності від конструктивних особливостей мікроГЕС: «Водяне колесо»; гірляндна; пропелерна; рукавна; дериваційна; вільно-потокова.

ГЕС «Водяне колесо» (рис. 1) – це колесо з лопатями, встановлене перпендикулярно поверхні води. Колесо занурене в потік менше ніж наполовину. Вода тисне на лопаті і обертає колесо. Існують також колеса-турбіни зі спеціальними лопатками, оптимізованими під струмінь рідини.

Потужність колеса просто зануреного в річку залежить від кінетичної енергії потоку. Приблизна потужність, яку можна одержати з такого колеса може бути обчислена за формулою:

$$P_{\text{кол}} = 500 \cdot A \cdot V \cdot \eta, \text{ Вт}, \quad (2)$$

де  $A$  – площа занурених лопатей (квдратні метри);  $V$  – швидкість потоку (метрів за секунду);  $\eta$  – коефіцієнт корисної дії (близько 20%).

Гірляндна мікроГЕС (рис. 2) уявляє собою трос, з жорстко закріпленими на ньому роторами. Трос перекинуто з одного берега ріки на інший. Ротори як намисто нанизані на трос і повністю занурені у воду. Потік води обертає ротори, ротори обертають трос.

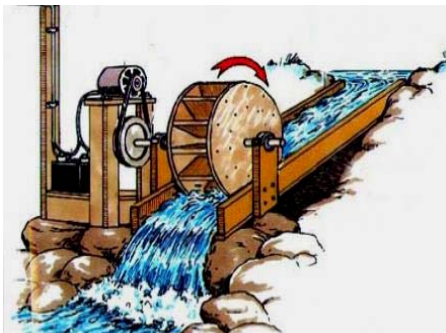


Рис. 1. Мікро ГЕС «Водяне колесо»



Рис.2. Гірляндна МікроГЕС

Один кінець троса зеднаний з підшипником, другий з валом генератора. При зануренні троса з гідровінгротора в потік води внаслідок різниці гідравлічних тисків на його поверхні створюється крутний момент (щодо осі обертання). Одночасно гідровінгротор робить і значний лобовий опір потоку, завдяки чому трос гірлянди натягується і вигинається в напрямку течії річки.

Пропелерні мікроГес – це підводний «вітряк» з вертикальним ротором. Кінетичної енергії в квадратному метрі потоку води, що йде зі швидкістю 2,5 м / с, стільки ж, скільки в вітрі, «справи» 260 км/ч. Вітер непостійний, а припливи регулярні. Але припливні електростанції все одно залишаються екзотикою, а вітрові ферми завойовують планету.

На відміну від повітряного, підводний пропелер має лопаті мінімальної ширини. Для води достатньо ширини лопаті всього в 2 см. При такій ширині буде мінімальний опір і максимальна швидкість обертання. Така ширина лопатей вибиралася для швидкості потоку 0,8–2 метра в секунду. При великих швидкостях, можливо, оптимальні інші

розміри.

Шведсько-британська компанія Minesto розробила вельми оригінальний проект електростанції Deep Green. В основі системи – крило розмахом 12 метрів, яке плаває під водою, будучи прикріпленим до дна довгим тросом. Це дивовижний принцип роботи станції за рахунок гідродинамічної сили: кайт починає виписувати в товщі моря гігантські вісімки, в чому влаштуванню допомагає автоматично-кероване кермо (рис. 4).

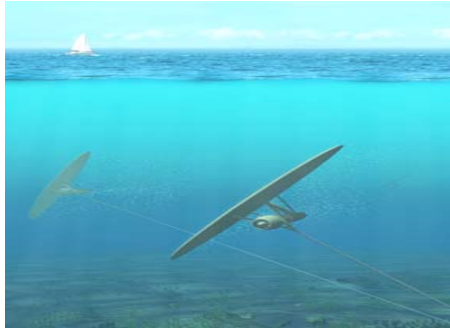


Рис. 3. Пропелерна мікроГЕС



Рис. 4. Рукавна мікроГЭС

Саме цікаве, що швидкість руху «змія» за його замкнутої траєкторії виявляється в 10 разів вище, ніж швидкість приливної течії, в яке він занурений, – 16 метрів в секунду проти 1,6 м /с.

Рукавні мікроГЕС – складається з енергоблоку, блоку управління, блоку збудження, блоку навантаження і рукавного водовода. При використанні каскадного монтажу дані рукавні мікроГЭС можуть використовуватися як в малих господарствах так і для промислового виробництва електроенергії, особливо в місцях, віддалених від ЛЕП. Енергоблок виконаний у вигляді рами, на якій розташовані направляючий апарат, двократна турбіна і електричний генератор (рис. 4).

Дериваційні мікроГЕС – є екологічно чистим джерелом електроенергії і може працювати без постійної присутності людини. Пристрій складається з енергоблоку, генератора, блоку баластної навантаження, які розміщені на опорній рамі. Також в комплект входить водозабірний пристрій, пристрій автоматичного регулювання напруги і частоти, напірний трубопровід. Конструкція гідроелектростанції передбачає кілька варіантів установки, Так, можливо горизонтальне, вертикальне та похиле положення (рис. 5).

Вільно-потоківі мікроГЕС. Вони з успіхом можуть працювати паралельно з дизельними електростанціями, істотно скорочуючи витрату дизельного палива або замінюючи останні в разі аварії. Вільно-потоківі заглибні мікроГЕС найбільш економічні й мобільні, практично не вимагають земляних робіт. Особливістю мікроГЕС є низька частота обертання турбіни, обумовлена швидкістю вільного потоку води. В залежності від швидкості річки і потужності установки турбіна вільно-потоківі мікроГЕС обертається з частотою 60–150 об/хв. Це зумовлює наявність низькошвидкісного генератора, ротор якого обертався б з тією ж частотою 60–150 об/хв, а сам генератор з'єднаний безпосередньо з валом турбіни.

Аналіз показує, що найбільш швидкохідної турбіною у вільному водному потоці є ортогональна турбіна. Таким чином, науково-технічна проблема – створення вільно-потоківих мікроГЕС, економічної та надійної для споживача, рентабельною для виробника. На даний час виготовлені дослідно-промислові зразки мікроГЕС потужністю 3 і 10 кВт, проведені їх стендові та натурні випробування (рис. 6).

Розглянувши конструктивні особливості вище наведених мікроГЕС можна визначити їх переваги і недоліки.

Недоліки гірляндної мікроГЕС очевидні: велика матеріаломісткість, небезпека для оточуючих (довгий підводний трос, приховані у воді ротори, перегороджування річки), низький ККД. Гірляндна ГЕС – це невелика гребля.



Недоліки гірляндної ГЕС очевидні: велика матеріаломісткість, небезпека для оточуючих (довгий підводний трос, приховані у воді ротори, перегороджування річки), низький ККД. Гірляндна ГЕС – це невелика гребля.



Рис. 5. Дериваційні мікроГЕС



Рис. 6. Вільно-потокова мікроГЕС

Пропелерні мікроГес призначені для водойм море/океан або для дуже великих річок. Вільно-потокові мікроГЕС – в стадії доробки.

**Висновки.** Загалом мікроГЕС – надійні, екологічно чисті, компактні, швидко-окупаємі джерела електроенергії для сіл, хуторів, дачних селищ, фермерських господарств, а також млинів, хлібопекарень, невеликих виробництв у віддалених гірських і важкодоступних районах, де немає поблизу ліній електропередач, а будувати такі лінії зараз і довше і дорожче, ніж придбати і встановити мікроГЕС.

Таким чином, з точки зору простоти виготовлення, застосування в умовах Житомирського Полісся і отримання максимального ККД з мінімальними витратами, доцільно вибрати конструкцію мікроГЕС – типу «водяне колесо» або конструкцію рукавного та дериваційного типу.

#### **Використані джерела інформації**

1. Васько П.Ф., Віхорев Ю.О. Мала гідроенергетика: світові тенденції розвитку та українські перспективи.
2. Зайчук Ю.В. Перспективи розвитку малої гідроенергетики в Житомирській області // [http://www.esco.co.ua/journal/2007\\_6/art95.htm](http://www.esco.co.ua/journal/2007_6/art95.htm).
3. Чечелюк П. «Мала» енергетика – альтернатива проектам–«монстрам» // <http://www.dt.ua/2000/2229/48498/>
4. Карпенко В.В., Карпенко Е.В. Анализ конструктивных вариантов низкоскоростных торцевых синхронных генераторов для МикроГЭС. // Молодежь и наука: начало XXI века, – Красноярск: СФУ, 2011 г.;
5. Мала гідроенергетика – життєва необхідність // [.http://www.proelectro.info](http://www.proelectro.info).
6. Клименко Л. П. Техноекология: Навчальний посібник. – Одеса: «Фонд Екопринт», Сімферополь: «Таврія», 2000. – 542 с.
7. Єрмолаєв С.О., Мунтян В.О., Яковлев В.Ф. Експлуатація енерго –обладнання та засобів автоматизації в системі АПК: Підручник. – К.: Мета, 2003. – 543 с.