

К.О. ІЛЬІНА, аспірантка, ОНПУ, Одеса;

А.Є. ДЕНИСОВА, д-р техн. наук, проф., ОНПУ, Одеса

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ

Розглянуто перспективи розвитку геотермальної енергетики. Представлено потенціал геотермальної енергії України по областях. Проаналізовано переваги та недоліки використання даного виду енергії. Приведені принципові теплові схеми паротурбінної та турбокомпресорної енергоустановок.

Ключові слова: альтернативне джерело енергії, геотермальна енергія, економічно ефективні технології, електроенергетика, екологічна чистота, геотермальна електростанція, економія палива, паротурбінна енергоустановка, турбокомпресорна енергоустановка.

Вступ. Дефіцит енергії і обмеженість паливних ресурсів з все наростаючою гостротою показують неминучість переходу до нетрадиційних, альтернативних джерел енергії. Одним з варіантів видобутку теплоти, який суттєво відрізняється від інших, є геотермальна енергія (табл. 1). Її можна використовувати в різних кліматичних умовах і в різні пори року, адже інтенсивність енергопотоків не залежить від сонячної активності.

Таблиця 1. Потенціал геотермальної енергії України [1].

| № п/п | Області | Кількість теплоносія, який видобувається при експлуатації з підтримкою пластового тиску, тис.м ³ /добу | Тепловий потенціал термальних вод, МВт | Річна економія, тис. т.у.п. |
|--------|--------------|---|--|-----------------------------|
| 1 | Закарпатська | 239,4 | 490 | 510 |
| 2 | Миколаївська | 1620 | 2820 | 1900 |
| 3 | Одеська | 1350 | 2350 | 1600 |
| 4 | Полтавська | 5,9 | 9,2 | 9,9 |
| 5 | Сумська | 4,2 | 15,8 | 17 |
| 6 | Харківська | 0,4 | 1,3 | 1,4 |
| 7 | Херсонська | 2430 | 4230 | 2900 |
| 8 | Чернігівська | 37,2 | 58,3 | 62,7 |
| 9 | АР Крим | 21600 | 37600 | 25600 |
| ВСЬОГО | | 27287,1 | 47574,6 | 32601 |

Коефіцієнт використання геотермальних електростанцій, як правило, перевищує 90%. В енергобалансі України їх частка на сьогоднішній день складає 0,02%, а наявність значних геотермальних ресурсів країни,

© К.О. Ільїна, А.Є. Денисова. 2014

що перевищують за своїм тепловим еквівалентом запаси традиційного енергетичного палива, підтверджує доцільність розвитку такої енергетичної галузі в Україні.

Україна має значні ресурси геотермальної енергії, потенційні запаси якої оцінюються величиною 1022 Дж. Це еквівалентно запасам палива $3,4 \cdot 10^{11}$ т. у. п. Потенційна потужність геотермальних електростанцій з урахуванням вилучення запасів і ККД перетворення геотермальної енергії становить 230 ГВт [2]. На рис. 1 наведено потенціал геотермальної енергії деяких регіонів України[3].

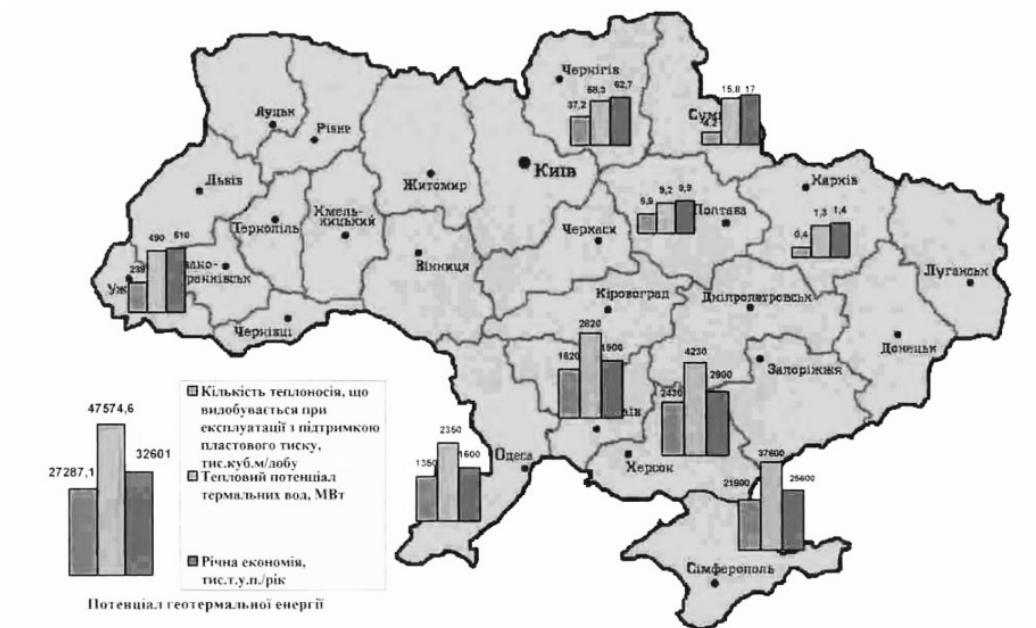


Рис. 1. Потенціал геотермальної енергії України

Серед районів України, перспективними для розвитку геотермальної енергетики, потрібно виділити Закарпаття, де за геологічними і геофізичними даними на глибинах до 6 км температури гірських порід досягають 230–275 °С. Також одним з перспективних регіонів для розвитку геотермальної енергетики є АР Крим. Завдяки неглибокому проходженню термальних вод, глибини пробурених свердловин можуть досягати 2000 м, при цьому температура термальних вод на виході становить 50–70 °С. На сьогодні, дані геотермальні енергоресурси Криму використовуються для теплопостачання, а запаси геотермальної енергії в основному сконцентровані в Тарханкутському районі та на Керченському півострові. Для поліпшення енергопостачання в Криму заплановано будівництво геотермальних електростанцій потужністю по 6 МВт в західній частині півострова, де на глибині 4 км є вода з температурою 250 °С. Їх загальна потужність буде складати більше 100 МВт.

Таблиця 2. Прогнозні ресурси геотермальної енергії на території України для електроенергетики

| № п/п | Родовища регіонів | Глибина, км | Середня температура, °С | Площа родовища, км ² | ККД, % | Потужність ГеоТЕС, тис. МВт |
|--------|---------------------------|-------------|-------------------------|---------------------------------|--------|-----------------------------|
| 1 | Закарпаття | 3–6 | 210–250 | 50–130 | 1,7 | 5,8 |
| 2 | Передкарпаття | 4–7 | 200 | 600 | 1,3 | 4,6 |
| 3 | Крим | 4–7 | 200–220 | 300–500 | 3,1 | 10,5 |
| 4 | Східно-Українська область | 5–7 | 185–217 | 660–2800 | 14,0 | 48,0 |
| ВСЬОГО | | | | | | 70 |

Як видно з таблиці 2, значними ресурсами геотермальної енергії відрізняється Крим, при цьому, найбільш перспективними є Тарханкутський і Керченський півострова, для яких характерні найбільші геотермічні градієнти, а температура гірських порід у цих районах на глибинах 3,5–4 км досягає 160–180 °С.

Щодо екологічного стану, негативний вплив на навколишнє середовище при експлуатації геотермальних джерел енергії значно менше, ніж при застосуванні традиційних енергосистем.

Основний недолік використання геотермальних енерготехнологій – це необхідність забезпечення зворотного закачування відпрацьованої води в підземний водоносний горизонт. Крім того, висока мінералізація термальних вод більшості родовищ і наявність у воді токсичних сполук і металів, у більшості випадків виключає можливість скидання цих вод в розташовані на поверхні природні водні екосистеми [4].

Зазначені негативні сторони використання геотермальних джерел енергії призводять до необхідності вкладення значних капітальних витрат на буріння свердловин, зворотне закачування відпрацьованої геотермальної води, а також коштовного корозійностійкого теплотехнічного обладнання. Проте, слід ураховувати, що використання новітніх менш витратних технологій буріння свердловин й застосування ефективних способів очищення води від токсичних речовин, призводить до зменшення капітальних витрат на утилізацію теплоти геотермальних вод. Слід зауважити, що геотермальна енергетика останнім часом суттєво просунулася у своєму розвитку. Так, останні розробки показали можливість вироблення електроенергії при температурі пароводяної суміші нижче 80 °С, що дозволяє набагато ширше застосовувати ГеоТЕС для вироблення електроенергії. Для перетворення теплової енергії геотермального теплоносія в технічну роботу можна використовувати принципи теплові схеми паротурбінної й турбокомпресорної енергоустановок [5].

При видобутку геотермального теплоносія в рідкому виді (гідротерми), паротурбінні установки виконуються одно- і двоконтурними. При заданих параметрах геотермального теплоносія одноконтурні паротур-

бінні установки дозволяють одержувати пару більш високих параметрів, ніж у двоконтурних установках. При цьому зменшуються капітальні витрати й збільшується питома потужність турбіни. Принцип дії паротурбінної установки (рис. 2) полягає у тому, що геотермальний теплоносієй як правило, у вигляді недогрітої води зі свердловини 1 направляється в грязевіддільник, у якому відділяються й скидаються сторонні механічні домішки.

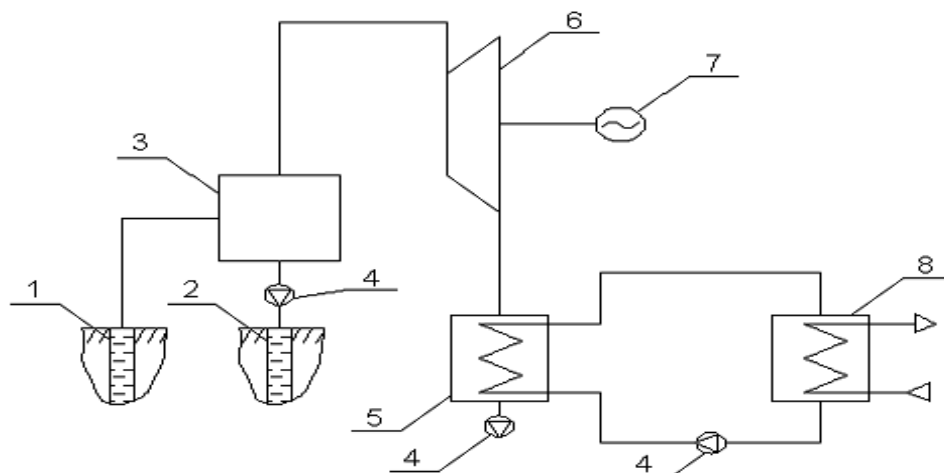


Рис 2. Принципова тепла схема паротурбінної геотермальної енергоустановки: 1 – свердловина експлуатаційна; 2 – свердловина нагнітальна; 3 – парогенератор; 4 – насос; 5 – конденсатор; 6 – турбіна; 7 – генератор; 8 – градирня

Далі очищена і освітлена вода подається в парогенератор 3, де розширюється в ізентальпійному процесі. У результаті цього частина її перетворюється в пару. Тут же проводиться поділ теплоносія на рідку й пароподібну фази. Рідина надходить до насоса 4 і накачується в нагнітальну свердловину, а пара подається в турбіну 6. У турбіні пара розширюється в політропному процесі, перетворюючи свою потенційну енергію в технічну роботу, яка за допомогою електрогенератора 7 перетворюється в електроенергію. Отримана після турбіни пароводяна суміш надходить у конденсатор 5, де конденсується в ізотермічному процесі за рахунок передачі теплоти охолодній воді, яка подається насосом із градирні 8. Вода, що утворилася при цьому, видаляється з конденсатора насосом і подається або в нагнітальну свердловину, або використовується для інших цілей [5].

Незважаючи на великий прогрес і позитивні результати в розв'язку проблеми солевідкладення на поверхнях теплообмінного устаткування й трубопроводах геотермального теплоносія, поки ще немає чітких відпрацьованих технологій його використання в одноконтурних паротурбінних енергоустановках. У цьому зв'язку кращі двоконтурні паротурбінні установки, які позбавлені цього недоліку. Правда, використання двоконтурних паротурбінних установок знижує параметри пари робочого тіла на

вході в турбіну, що веде до зниження питомої потужності й ККД, суттєво збільшуючи капітальні витрати й витрати на експлуатацію ГеоЕС. При роботі турбокомпресорної установки (рис. 3) парогазовий потік з високим паровмістом надходить у конденсатор 9, куди з іншої сторони насосом із градирні 10 подається охолоджена вода.

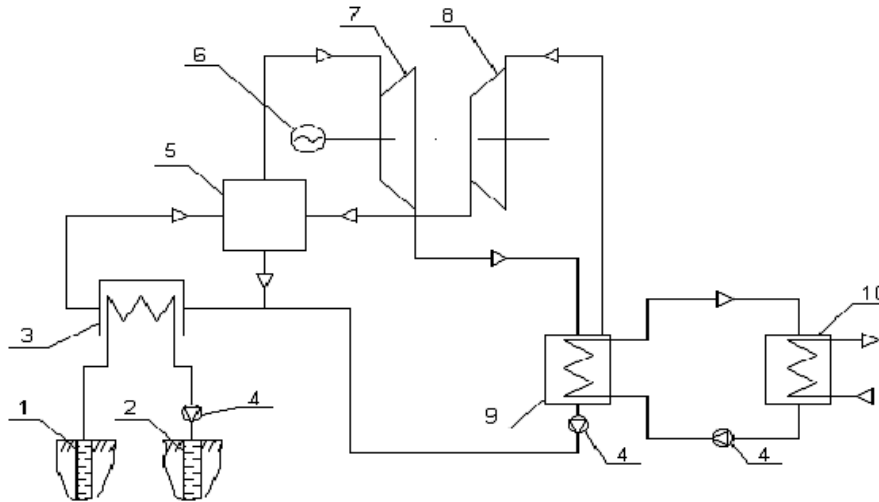


Рис. 3. Принципова тепла схема турбокомпресорної геотермальної енергоустановки: 1 – свердловина експлуатаційна; 2 – свердловина нагнітальна; 3 – теплообмінник; 4 – насос; 5 – парогенератор; 6 – генератор; 7 – турбіна; 8 – компресор; 9 – конденсатор; 10 – градирня

При їхньому контакті внаслідок конденсації парогазовий потік осушується, і з малим паровмістом направляється в компресор 8, де стискається в політропному процесі за рахунок підведеної від турбіни 7 роботи. При цьому паровміст потоку залишається постійним, але його відносна вологість зменшується. Після компресора стиснений газ надходить у нижню частину парогенератора 5, а в його верхню частину в зустрічному напрямку газовому потоку насосом у диспергованому вигляді подається циклічна вода, попередньо підігріта в теплообміннику 3 геотермальним теплоносієм, що подається зі свердловини 1. Після теплообмінника геотермальний теплоносій насосом направляється в нагнітальну свердловину.

Розглянута турбокомпресорна геотермальна установка дозволяє значно зменшити втрати теплоти за рахунок недоохолодження води в парогенераторі. Однак вона має ряд великих недоліків, які перешкоджають її реалізації. Ці недоліки, пов'язані зі складністю конструкції й низькими значеннями корисної питомої роботи.

На відміну від паротурбінної геотермальної установки у розглянутій турбокомпресорній установці немає необхідності у процесі дегазації геотермального теплоносія для зменшення вмісту газів, що несконденсу-

валися, в конденсаторі. Тут процес передачі теплоти від геотермального теплоносія в теплообміннику може здійснюватися без зниження його тиску. Це виключає порушення вуглекислої рівноваги, а отже й випадання солей.

Висновки. Перспективи використання геотермальних енерготехнологій в Україні обумовлені достатнім геотермальним потенціалом її регіонів та перевагами в порівнянні з традиційною енергетикою: екологічною чистотою, відсутністю транспортних витрат на доставку палива, мінімальним обладнанням та відносно короткими термінами будівництва. Турбокомпресорна геотермальна установка дозволяє значно глибше використовувати теплоту геотермальної води в порівнянні з паротурбінною установкою. Одночасно вона має набагато меншу складність і металоемність, а використання як охолодженого джерела атмосфери обіцяє їй гарну перспективу як тепловому двигуну, тобто перетворювачу геотермальної енергії води в механічну роботу [5].

Список літератури: 1. Кудря С.О. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України / С.О. Кудря, Л.В. Яценко та ін. – Національна академія наук України – Київ 2001. С.21-23. 2. Геотермальная энергетика Украины. http://www.esco-ecosys.ru/2005_11/art07_30.htm. 3. Потенциал геотермальной энергии в Украине. http://esco-ecosys.narod.ru/2005_11/art07_71_5.htm. 4. Магомедов А.М. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии / А.М. Магомедов – Махачкала – АОЗТ «Юпитер», 1996. – 245 с. 5. Германович В., Альтернативные источники энергии. Практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы. / Германович В., Турилин А. – СПб.: Наука и техника, 2011. – 320 с.

УДК 697.329

Перспективи використання геотермальних ресурсів України / К.О. Ільїна, А.Є. Денисова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – № 16 (1059). – С. 30 – 35. – Бібліогр.: 5 назв.

Рассмотрены перспективы развития геотермальной энергетики. Представлен потенциал геотермальной энергии Украины по областям. Проанализированы достоинства и недостатки использования данного вида энергии. Приведены принципиальные тепловые схемы паротурбинной и турбокомпрессорной энергоустановок.

Ключевые слова: альтернативный источник энергии, геотермальная энергия, экономически эффективные технологии, электроренергетика, экологическая чистота, геотермальная электростанция, экономия топлива, паротурбинная энергоустановка, турбокомпрессорная энергоустановка.

The prospects for development of geothermal energy. Presents the potential of geothermal energy by regions of Ukraine. The advantages and disadvantages of using this type of energy. Shown the fundamental thermal circuit and steam turbine power plants turbocompressor power plants.

Keywords: alternative energy source, geothermal energy, cost-effective technologies, electricity, environmental friendliness, geothermal power, fueleconomy, steam turbine power plant, turbocompressor power plant.