

Голові спеціалізованої вченої ради  
Д 64.812.01 науково-дослідної установи  
«Український науково-дослідний  
інститут екологічних проблем»  
61166, м. Харків, вул. Бакуліна,6

## В І Д Г У К

офіційного опонента, завідувача відділу ядерно-фізичних технологій Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України», член-кореспондента НАН України, доктора технічних наук, професора, старшого наукового співробітника ЗАБУЛОНОВА Юрія Леонідовича на дисертаційну роботу ЗУР'ЯНА Олексія Володимировича на тему «Екологічно безпечні відновлювані джерела отримання теплової енергії», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека

**Актуальність обраної теми.** В силу особливостей паливно-енергетичного комплексу України та геополітичної специфіки регіону, наша країна є енергозалежною від імпортного природного газу, що в свою чергу становить загрозу її енергетичній і екологічній безпеці. Запаси традиційних вуглеводнів: нафти, газу, вугілля зовсім не безденні. До того ж використання їх негативно впливає на екосистему. Сучасний стан техногенного навантаження енергетики на навколишнє середовище характеризується чималими викидами забруднювальних речовин підприємств паливно-енергетичного комплексу Для вирішення проблеми, що склалася, на сьогоднішній день для України існує два взаємопов'язаних рішення: зменшення споживання вуглеводнів шляхом застосування енергоефективних технологій в промисловості та житлово-комунальному господарстві і максимальна активізація та використання альтернативних джерел енергії.

Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії останнім часом стали

76.1  
24.11.2016  
К-10-09/1

одним із важливих критеріїв сталого розвитку світової спільноти. Здійснюється пошук нових і вдосконалення існуючих технологій, виведення їх до економічно ефективного рівня та розширення сфер використання.

Поставлені завдання досліджень за темою нині майже не мають достатнього вивчення в Україні. По-перше, відновлювана енергетика в Україні ґрунтується переважно на імпортному обладнанні, ефективність використання якого в умовах України не завжди є оптимальною. В усьому світі використовують системи з відновлюваними джерелами енергії. Сьогодні є багато фірм, які встановлюють різноманітне теплотехнічне обладнання. Аналіз наявних систем засвідчує, що вони мають на меті заощадити первинні енергоресурси, але не завжди ці системи адаптовані до умов експлуатації в широтах України, а методики їх розрахунку не узгоджуються з нашим кліматичними умовами.

Враховуючи зазначене, дисертаційна робота О. В. Зур'яна, що спрямована на удосконалення наявних і створення нових екологічно безпечних технологічних процесів та устаткування для отримання теплової енергії з відновлюваних джерел є актуальною науковою проблемою. Розробка та впровадження таких систем забезпечить зменшення техногенного навантаження на довкілля і становить підґрунтя для підвищення як екологічної так і енергетичної безпеки країни в цілому. На сьогодні розробка енергетичних систем з використанням відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) заснована в цілому на низці інженерних підходів до проектування окремих компонентів, що свідчить про відсутність науково обґрунтованої методології розробки енергетичних систем з використанням ВДЕ як єдиного цілого. Оптимізація параметрів окремих складових частин і компонентів ускладнена наявністю негативних впливів окремих компонентів різних систем один на одного, зумовлених прорахунками в їх розміщенні й нестабільністю умов експлуатації. Розв'язання цієї проблеми може полягати в створенні оптимальних технологічних комплексів, побудованих на основі впровадження методології з системним науковим підходом і застосуванням сукупності різних методів, а

також використанням науково обґрунтованих технічних, технологічних і економічних рішень.

Наведене свідчить про необхідність подальшого удосконалення наявних і створення нових екологічно безпечних технологічних процесів та устаткування для отримання теплової енергії з відновлюваних джерел, на що і спрямована дисертаційна робота Зур'яна О.В.

Тому актуальність науково-прикладної проблеми, вирішенню якої присвячена дисертаційна робота О. В. Зур'яна, не викликає сумніву.

**Наукова новизна дисертаційної роботи** полягає у удосконаленні наявних та створенні нових екологічно безпечних технологічних процесів та устаткування для отримання теплової енергії з відновлюваних джерел. Зокрема, з аналізу роботи О.В. Зур'яна можна виділити такі головні наукові результати:

Вперше:

- теоретично обґрунтовано та експериментально визначено оптимальні параметри теплонасосних систем, де як первинне джерело енергії використано екологічно безпечну низькопотенційну теплову енергію приповерхневих шарів землі й енергію сонячного випромінювання, та їх залежність від конфігурації та особливостей експлуатації цих систем;

- розроблено систему отримання теплової енергії від сонячного випромінювання, основним елементом якої є система наведення на сонце сонячних перетворювачів; для цієї системи розроблено спосіб автоматизованого відстеження положення колектора сонячної енергії, в основу якого покладено розроблену структуру впливів зі зворотними зв'язками, виконання яких у запропонованій послідовності дає змогу підвищити ефективність системи й зменшити техногенне навантаження на навколишнє природне середовище під час отримання теплової енергії.

Удосконалено:

- наявні системи, що працюють завдяки різним видам відновлюваних джерел енергії, використовують у своїй структурі екологічно безпечні пристрої перетворення одного виду енергії на інші та мають модульну й змінювану

структуру.

Набуло подальшого розвитку:

- наукове обґрунтування зниження техногенного навантаження на довкілля під час отримання енергії з відновлюваних джерел енергії та високоефективних перетворювачів одного виду енергії в інший;

принципова технологічна схема утилізації відпрацьованого технологічного повітря традиційною системою рекуперації та екологічно безпечна система теплозабезпечення підприємства завдяки використанню гібридної модульної теплонасосної системи;

- комплексне застосування енергії сонячного випромінювання, теплоти верхніх шарів землі та двигуна Стірлінга в роботі теплонасосних систем.

**Практична значимість роботи** полягає в тому, що розроблено спосіб автономного забезпечення тепловою енергією споживачів, що дає змогу зменшити техногенне навантаження на навколишнє природне середовище, підвищити ефективність роботи системи завдяки використанню різних видів відновлюваної енергії та зміни структури системи залежно від потреб споживача, умов навколишнього природного середовища та коефіцієнту оцінки ефективності системи, а також розроблено програмно-апаратний комплекс отримання теплової енергії приповерхневих шарів Землі й енергії сонячного випромінювання для забезпечення гарячого водопостачання та опалення взимку та кондиціонування в влітку будівлі Українського державного геологорозвідувального інституту (УкрДГРІ) і дослідження теплофізичних процесів, що відбуваються в цій системі.

Позитивною стороною роботи О.В. Зур'яна є апробація розроблених технологій, що підтверджується відповідними актами, наведеними у додатках до дисертації. Так результати досліджень впроваджено на підприємстві ПАТ «ЕЛМІЗ» (акт впровадження від 12.04.2012 р.). Крім того здобувачем розроблено ТУ У 20.5-01432032-014:2015 теплоносія для систем опалення на основі пропіленгліколя.

**Структура та зміст роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу,

4 розділів, загальних висновків і списку використаних джерел зі 182 найменувань на 19 сторінках та 5 додатків на 22 сторінках. Робота містить 77 рисунків, 12 таблиць. Загальний обсяг дисертації становить 213 сторінок, зокрема 172 сторінки основного тексту

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, наводиться мета та основні наукові задачі дослідження, висвітлюється зв'язок роботи з державними програмами та планами НДР, визначається наукова новизна та практичне значення одержаних результатів, дається характеристика реалізації та впровадження положень роботи; наводиться інформація щодо апробацій та публікацій результатів дисертації, а також особистого внеску здобувача у надрукованих працях.

У першому розділі проаналізовано сучасний стан проблеми підвищення півня екологічної безпеки завдяки використанню відновлюваних джерел енергії. Наведені результати огляду робіт попередників за темою дисертації. Показано, що мало уваги зосереджено на системах, які б використовували декілька джерел енергії, зокрема і відновлюваних та мали модульну структуру, що змінюється залежно від умов роботи системи, заощаджуючи та зберігаючи первинні енергоресурси. Виконано аналіз сучасних технологій і технічних засобів для одержання екологічно чистої енергії в умовах України. Доведено, що в сонячній енергетики є переваги порівняно з іншими видами ВДЕ, крім того, велику перспективу має також використання низькопотенційної енергії докільля як первинного джерела енергії для роботи теплонасосних систем. Показано необхідність пошуку нових підходів до комплексного використання в енергетичних системах декількох джерел енергії.

У другому розділі обґрунтовано вибір напряму досліджень, викладена загальна методика проведення дисертаційного дослідження, наведені методи вирішення задач. Описано склад створеної автором експериментальної геліосистеми. Показано підсумки дослідження ефективність роботи сонячного перетворювача залежно від його параметрів, конструктивних особливостей та пори року й часу доби. Наведено опис розробленої програми візуалізації та

архівування даних, та методики проведення досліджень. Викладено результати серії експериментів, що відображають роботу системи. Виконано розрахунок ефективності роботи системи в різних умовах експлуатації. Показано, що сонячні перетворювачі є ефективним та екологічно чистим пристроєм отримання теплової енергії. Визначені основні недоліки в роботі систем. Запропоновано інноваційні технічні рішення, які підвищують коефіцієнт корисної дії сонячних перетворювачів. Показано, що для стабільної роботи цих систем необхідно залучення додаткових резервних джерел енергії й пристроїв її акумуляування.

Третій розділ наведено результати експериментальних досліджень ефективності використання екологічно безпечної енергії доквілля. Описано склад створеної автором експериментальної геотермальної теплонасосної системи, джерелом енергії якої є теплота приповерхневих шарів Землі. Викладено результати досліджень, що відображають роботу системи в різних режимах її експлуатації. Описані встановлені залежності ефективності роботи геотермальної системи тепlopостачання від конструкції геотермального теплообмінника та його теплотехнічних характеристик. Показано, що теплонасосні системи є ефективним та екологічно чистим пристроєм отримання теплової енергії. Наведено результати аналізу застосування додаткових відновлюваних джерел енергії для підвищення коефіцієнту корисної дії геотермальних теплонасосних систем. Розраховано коефіцієнт корисної дії теплонасосної системи як під час самостійної роботи, так і спільно з геліоколектором. Визначені основні недоліки в роботі систем. Запропоновано інноваційні технічні рішення, які підвищують коефіцієнт корисної дії теплонасосних систем.

У четвертому розділі проаналізовано базові принципи побудови структурно-функціональної схеми комбінованих автономних енергосистем на основі використання відновлюваних джерел енергії. Запропоновано та обґрунтовано можливі структури комбінованої енергосистеми, яка працює на відновлюваних джерелах енергії. Наведено моделювання режимів роботи

системи, яка використовує декілька джерел енергії, зокрема відновлювані, і має модульну структуру, що змінюється залежно від умов роботи системи. Запропонована методика побудови енергетичних комплексів з використанням відновлювальних джерел енергії. На основі отриманих теоретичних даних запропоновано інноваційні технічні рішення комбінованих енергосистем. Запропонована вдосконалена методика оцінки енергоефективності підприємства. Наведено приклад застосування запропонованої методики на прикладі підприємстві ПАТ «ЕЛМІЗ». Описано експериментальний зразок гібридної системи утилізації відпрацьованого технологічного повітря, який впроваджено та використовуються на цьому підприємстві. Акт впровадження наведено в додатках. Виконано розрахунок економічної ефективності інноваційного проекту. Надана порівняльна характеристика екологічної ефективності теплонасосних систем з традиційними котельнями.

У висновках викладено основні результати дисертаційної роботи.

**Повнота викладу основних результатів дисертації в опублікованих працях.** У 33 наукових публікаціях О.В. Зур'яна зміст дисертації та головні наукові висновки розкриваються досить повно. Серед публікацій слід відзначити 8 публікацій у фахових виданнях України; 2 статті у виданнях іншої держави з напрямку дисертації; 2 патенти на винахід; 11 патентів на корисну модель; 10 тез доповідей на всеукраїнських та міжнародних науково-практичних конференціях.

**Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових результатів.** У дисертації наводяться результати конкретних лабораторних та натурних експериментів виконаних на створених здобувачем експериментальних системах отримання теплової енергії від відновлюваних джерел енергії, що підтверджуються математичними моделями. Вірогідність результатів підтверджується їхньою повторюваністю та задовільною збіжністю теоретичних розрахунків з експериментальними даними.

**Дотримання вимог МОН щодо оформлення дисертації.** Зміст роботи повністю відповідає основним положенням дисертації. Стиль, мова,

оформлення дисертації та автореферату відповідають вимогам МОН, та демонструють вміння автора стисло, ясно і чітко викладати теоретичні та практичні результати наукової роботи.

Автореферат та публікації з достатньою повнотою відображають основний зміст дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота написана ясною та зрозумілою для фахівців з екологічної безпеки мовою, грамотно та акуратно оформлена. Наприкінці кожного розділу роботи зроблено конкретні, обґрунтовані висновки. Вимоги МОН, що пред'являються до оформлення дисертаційної роботи на здобуття ступеня кандидата технічних наук, автором дотримані.

Зауваження до змісту роботи:

1. В таблиці 1.1. наведені дані, щодо прогнозу використання первинних джерел енергії в ЄС, де окремо вказано, що використання відновлюваних джерел енергії зросте у 2030 році до 12%. Разом з тим доцільно було б надати інформацію, щодо відсотку використання відновлюваних джерел енергії як сьогодні, так і прогнозу на найближчі роки саме в Україні.

2. В розділі 1.4 вказано, що теплові насоси, як джерело первинної енергії використовують теплову енергію води, повітря ґрунту, температура яких перебуває в межах від 4 до 12 °С, що не відповідає дійсності, так як наприклад температура повітря може бути як значно нижчою, та і значно більшою від вказаних параметрів температури.

3. На рис. 2.6 системи наведення на сонце сонячних перетворювачів не надано пояснення, щодо окремих елементів схеми.

4. У розділі 2.3, в описі розробленої здобувачем геліосистеми не є зрозумілим параметр: «Пропіленгліколь 30%».

5. На рис. 2.10 схеми встановлення датчиків у контрольних точках системи, позначки на малюнку нанесені дрібним шрифтом, що ускладнює можливість його прочитання.

6. В роботі приведено багато розроблених здобувачем пристроїв та систем, що підвищують ефективність роботи як пристроїв, що безпосередньо



використовують енергію сонячного випромінювання, так і теплонасосних систем, а конкретні висновки, щодо екологічної безпечності цих розробок виконано тільки по теплонасосним технологіям.

7. В розділі 3 роботи при визначенні складу геотермальної теплонасосної установки можливості та методики проведення досліджень вказано, що обробка й запис даних виконується з допомогою спеціального розробленого програмного забезпечення, разом з тим саме програмне забезпечення в роботі не наведено, а тільки надано його опис.

8. В роботі виконано розрахунок ефективності теплового насосу на основі експериментально отриманих даних за умови відбору тепла з ґрунту завглибшки 0,3; 1,2; 5,0 та 50 м для трьох зимових місяців та зроблено висновок, що мінімальний коефіцієнт трансформації системи дорівнює 3,7. Разом з тим, з тих же експериментальних даних які були проведені протягом всього року та приведені в таблиці 3.1 видно, що мінімальна температура ґрунту на глибині 0,75; 1,2; 2 та 5 м була не у лютому, а у березні, тобто коефіцієнт трансформації при перерахунку буде іншим і логічно меншим.

### **Висновки**

Загальні висновки по роботі.

1. Дисертаційна робота Зур'яна О.В. є завершеною науково-дослідною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують конкретну наукову задачу, яка полягає в зниженні техногенного навантаження на довкілля за рахунок удосконалення наявних і створення нових екологічно безпечних технологічних процесів та устаткування, містить нові науково обґрунтовані теоретичні та практичні результати, за змістом відповідає паспорту спеціальності 21.06.01 – «Екологічна безпека».
2. В цілому дисертаційна робота Зур'яна О.В. має наукову новизну і практичну цінність, за характером досліджень і одержаних результатів відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженому постановою Кабінету міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, щодо кандидатських дисертацій.

3. Викладене вище дозволяє зробити загальний висновок про те, що представлена дисертаційна робота «Екологічно безпечні відновлювані джерела отримання теплової енергії» за актуальністю розглянутої задачі, науковим рівнем, обсягом виконаних досліджень, науковою і практичною цінністю отриманих результатів відповідає вимогам до кандидатських дисертацій, а її автор, Зур'ян Олексій Володимирович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – «Екологічна безпека».

Офіційний опонент

завідувач відділу ядерно-фізичних технологій

Державної установи «Інститут геохімії

навколишнього середовища

Національної академії наук України»,

член-кореспондент НАН України,

доктор технічних наук, професор,

старший науковий співробітник

Ю. Л. ЗАБУЛОНОВ

„16” листопада 2016 р.

Підпис Забулонова Ю. Л.

засвідчую:

Учений секретар

ДУ «ІГНС НАН України», к.т.н.



Н.А.Бородіна