

РЕЦЕНЗІЯ
на дисертаційну роботу Пустового Григорія Миколайовича
за темою «Енергоефективний комплекс компресорного члера з адсорбційним
холодильним модулем», що подана на здобуття ступеня доктора філософії за
спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія»

Актуальність та перспективність.

Холодильні системи, незважаючи на свою необхідність у сучасному житті, стають об'єктом серйозних облікових та екологічних викликів. Особливо це актуально в промисловості, де холод відіграє ключову роль як для виробництва, так і для охолодження технологічних систем. Однак використання традиційних парових холодильних циклів призводить до значного витрати високоякісної енергії, що вимагає ретельного розгляду та удосконалення. Зменшення споживання електроенергії цими системами стає необхідністю в умовах росту електричної енергетики та постійної потреби в холодильних системах. Для вирішення цієї енергетичної проблеми важливо зосереджуватися на вдосконаленні класичних холодильних систем. Один із перспективних напрямків - використання передових методів підвищення енергоефективності. Такі методи включають зниження температури конденсації і оптимізацію навколишнього середовища. Одним із перспективних рішень є використання сонячних адсорбційних холодильників, які використовують адсорбційні холодильні установки.

Зменшення енергоспоживання та покращення енергоефективності холодильних систем – це актуальне завдання, яке вимагає комплексного підходу та впровадження новітніх технологій.

Ступінь обґрунтованості і достовірності отриманих результатів і зроблених висновків.

Робота не містить теоретичного обґрунтування технічного рішення, запропонованого автором. Згідно норм та правил викладу матеріалів, які подають до захисту, має бути наукова частина, яка теоретично обґруntовує рішення, яке пропонує автор в дисертаційній роботі. Це може бути математична модель, термодинамічний або термохімічний аналіз процесів, які перебігають в установці, яка пропонується.

Представлені в дисертації результати отримані шляхом безпосередньо напівпромислового експерименту.

Надійність отриманих результатів була підтверджена шляхом апробації ключових положень роботи на науково-технічних конференціях, публікацій у відкритому доступі та протоколом напівпромислових випробувань розробленої установки.

Наукова новизна отриманих результатів.

Робота не містить необхідних компонентів, які визначають наукову новизну, зокрема, відсутні нові наукові обґрунтування результатів проведеним здобувачем досліджень, які вирішують конкретне наукове завдання, а саме створення «енергоефективного комплексу компресорного чілера з адсорбційним холодильним модулем». Методологія викладення носить сумбурний характер при відсутності системного підходу викладення матеріалу з чисельними повторами, наукоподібною переробкою стандартних показників без посилання на джерело. Відсутня кореляція визначень та назв характерних показників в тексті дисертації, які навів автор. Робота подана з порушенням вимог в частині оформлення подібних матеріалів.

Автором проведено проведені випробування застосування адсорбційного модуля для зниження температури конденсації в паровій компресорній холодильній установці.

Практичне значення одержаних результатів.

Отримані результати використані для створення та впровадження енергоефективного комплексу холодильної установки з адсорбційним охолоджувальним модулем у промислову систему холодозабезпечення для зберігання продуктів харчування.

Також запропоновано використання теплоти адсорбції від адсорбційного охолоджувального модуля для технологічних потреб.

Розроблені пристрої пройшли тестування на промисловому рівні у виробництві компресорно-конденсаторних систем холодозабезпечення компанії "ЄВРОКУЛ".

Отримані режими експлуатації адсорбційного охолоджувального модуля в умовах компресорно-конденсаторної холодильної установки можуть бути використані при розробці обладнання для промислових систем холодозабезпечення, вентиляції і опалення.

Публікації.

Зміст роботи викладено в 8 наукових працях, в тому числі: 7 статей у фахових виданнях та 1 стаття, що входить до міжнародних науково-метричних баз даних Web of Science; 6 тезах доповідей на міжнародних наукових конференціях.

Опубліковані матеріали відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 8 порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. №44.

Оцінка змісту дисертаційної роботи.

Дисертація складається зі вступу, 6 розділів, висновків і списку використаних джерел із 118 найменувань. Робота має обсяг 151 сторінки, містить 7 додатки, 53 ілюстрації, 27 таблиці.

Зауваження до дисертаційної роботи:

Розділ 1 «Характеристики адсорбентів і адсорбційних установок»:

- розглядає адсорбційні холодильні геліоустановки, що лише частково відповідає темі дисертаційної роботи. Варто було б доповнити літературний огляд інформацією про альтернативні технічні рішення з охолодження конденсаторів парової компресорної холодильної установки.
- Лише близько 14 % з розглянутих літературних джерел опубліковані в 2020x роках, інші 2000x, 2010x, 1980x тощо, тобто автор приділив дуже мало уваги сучасним джерелам. Література, на яку робить посилання автор, надано хаотично. Наприклад, на стор. 36 та 37 тексту дисертації після посилання [42] йде [53, 54, 79, 82, 60], а далі [80] та [83] та ін. На стор. 39 за посиланням [83] йде посилання [57, 58 та 59] тощо.

- Установки, на які посилається автор, носять експериментальний характер, встановлені переважно в країнах жаркого кліматичного поясу.

Розділ 2:

- замість теоретичного обґрунтування технічного рішення (термодинамічного або термохімічного аналізу процесів, які перебігають в установці), автор переходить безпосередньо до опису матеріалів, приладів, обладнання і вимірювального інструменту, та опису методів та методології досліджень напівпромислового експерименту;
- автор наводить робочі характеристики обладнання та їх технічні характеристики в вигляді таблиць, що бажано надавати в додатках або в тексті.
- Згідно рис. 2.4 зображено 5 точок підключення температурних датчиків на контролер, який вимірює лише 4 точки підключення. На рис. 2.3 та 2.4 автор не вказує точки підключення датчиків тиску. Отже, не зрозуміло, яким чином здійснюється підключення датчиків тиску та в яких точках контролюється тиск. Не зрозуміло, яким чином автор контролює важливі показники зміни тиску при роботі схеми підключення холодильної системи UBC 2.5, в тому числі, з адсорбційним холодильним модулем. Для обох зазначених схем відсутні опис їх роботи з посиланням на позиції.

Розділ 3 «Заходи зі зниження температури конденсації парової компресорної холодильної установки»:

- на стор. 59 – 60 автор наводить переваги застосування адіабатичного конденсатора, який зменшує температуру конденсації, за рахунок води, що розприскується через форсунки біля теплообмінної поверхні. Не зрозуміло, в чому тоді автор досліджує повітряне охолодження, не вказуючи на недоліки адіабатичного конденсатора, альтернативою якого є адсорбційний холодильний модуль. Цю частину варто було б надати в літературному огляді.
- При оцінці меж застосування адсорбційного холодильного модуля (стор. 61) автор не наводить алгоритм розрахунку маси різних типів адсорбентів,

використані формули, їх властивості та посилання джерела інформації щодо них. Посилання на патент цих відомостей не дає, а вони представлені частково за посиланнями [90] та [92].

- Рис. 3.2 дублює дані таблиці 3.1 без обґрунтування меж холодопродуктивності.
- В підрозділі 3.3 «Порівняння робочого циклу класичної холодильної установки та холодильної установки з адсорбційним охолоджувальним модулем» (стор. 64) не обґрунтовано вибір характерних точок циклу для обох установок, не показано, як вплине охолодження за допомогою адсорбційного холодильного модуля.
- в таблиці 3.4, мова йдеється не про параметри хладоагенту, як зазначено в назві таблиці, а про параметри компресора, наведені без пояснень до них.
- Стор. 69 відсутній зв'язок за текстом між аналізом роботи адсорбційного холодильного модуля та парової компресорної холодильної установки. Не зрозуміло, що є об'єктом дослідження – парова компресорна холодильна установка з адсорбційним модулем, власне адсорбційний модуль або компресор.
- На стор. 69 – 71 відсутні посилання на методику розрахунку залежності холодопродуктивності парової компресорної холодильної установки, споживаної потужності, коефіцієнта продуктивності та температури конденсації, а також характеристики холодильного агента, використовуючи які отримані залежності на рис. 3.6 – 3.8.
- Стор. 72 – 73. Не зрозуміло, на якій основі отримані дані, які використані для підбору компресора за програмою BOCK, а також, з якою метою автор взагалі проводив ці розрахунки.
- Рис. 3.4 та 3.5. Межі застосування поршневого компресор автор вказує в дуже вузькому діапазоні, що не можна сприймати як стійку характеристику.

- Стор. 74. На початку підрозділу 3.5 не показано, скільки взагалі режимів роботи холодильної установки, які саме і мають корелювати з етапами експерименту. Не наведено, в чому полягає перший етап експерименту.
- Стор. 75 – 78. Рис. 3.11 – 3.16 дублюють таблиці 3.5 та 3.6.
- Як слідує зі стор. 54 автор стверджує, що замір енергоспоживання холодильної системи виконувалось за допомогою електролічильника FLIXI 3680 та наводить основні характеристики електролічильника та вказує, що такий пристрій використовується для заміру енергоспоживання систем малої та середньої потужності. Автор не враховує всі енергозатрати, пов’язані з роботою установки в цілому, а лише енергоспоживання холодильної системи UBC 2.5. Це суттєво впливає на показники енергоефективності комплексу в цілому.

Розділ 4 «Заходи зі зниження температури конденсації парової компресорної холодильної установки»:

- Стор. 86 – 89. Тепловий баланс не відповідає енергозатратам на здійснення холодильного циклу, оскільки не враховує вплив адсорбційного холодильного модуля на холодопродуктивність парової компресорної холодильної установки (контур з фреоном), що є обов’язковим. Зокрема, прийнято, що холодопродуктивність парового компресорного модуля не залежить від тиску конденсації.

- Таблиця 4.1 та рис. 4.3 дублюють таблицю 3.1, а таблиця 4.2 – рис. 4.5, рис. 4.7 – таблицю 4.4, рис. 4.9 – таблицю 4.6.

- Таблиця 4.4 не обґрунтовано розрахунком та не наведено посилання на джерело.

- Рис. 4.7 не показано, чим відрізняються криві 1, 2 та 3.

Розділ 5 «Конструкція адсорбційного модуля для охолодження повітряного конденсатора парової компресорної холодильної машини»:

- цикл роботи холодильної установки на рис. 5.1 слід було навести в літературному огляді.

- на рис. 5.2 холодильна установка та холодильний модуль наведені окремо, тоді як вони заявлені як єдина установка – компресорна установка з адсорбційним холодильним модулем. Варто було б чітко показати, як саме вони поєднані.

- на рис. 5.3 та 5.4, які демонструють холодильний модуль для охолодження повітряного конденсатора, присутні 4 вентилятори, що лише частково співпадає з технічною специфікацією в додатах Б та В для холодильного обладнання з та без адсорбційного модуля, зокрема, для повітряохолоджувача та конденсатора.

- до заявлюваних в додатку В 5 вентиляторів додається ще 4 від адсорбційного холодильного модуля, іх потужність до специфікації та тексту не включена.

- Стор. 106 –107. При опису роботи пристрою відсутнє посилання на рис.

- Рис. 5.3 та 5.4 варто було б об'єднати.

- на рис. 5.6 на гідравлічні схемі контур адсорбційного холодильного модуля не замкнений або не показано джерело води.

- При порівнянні адіабатичного конденсатора з адсорбційним охолоджуючим модулем (таблиця 5.1, стор. 112) автор не вказує тип адіабатичного конденсатора, якому відповідають наведені дані, що не є коректним.

- Підрозділ 5.5 слід було написати більш коректно. Використання терміну «рекуперація», яка відноситься до теплообміну через стінку між теплоносіями, які рухаються. В даному випадку підігрів води здійснюються за рахунок теплоти адсорбції, яка відводиться від нерухомого адсорбенту до води в контурі. Можливо, більш вірним терміном мала бути не «рекуперація», а «утилізація теплоти адсорбції».

- відсутня схема утилізації теплоти та не наведена методики та результати розрахунку характеристик гідравлічного контуру.

- В таблиці 5.2 автор указує, що в результаті досліджень температура води на виході з контуру, розміщеного в адсорбері підігрілась від 17°C до 22°C, тоді як на стор. 115 автор вказує, що можна підігрівати воду до 55 – 95°C, якщо маса води дорівнює 80 – 120 кг. Не зрозуміло, яка маса адсорбенту та адсорбція (кг води / кг адсорбенту) повинні бути в цьому випадку.

Розділ 6 «Встановлення доцільності впровадження застосування адсорбційного модуля»:

- Розділ надто короткий. Доцільно його об'єднати з розділом 5.
- Зіставлення двох систем без та з адсорбційним модулем носить гіпотетичний характер, оскільки автор пропонує провести заміну компресора з більшої потужності та меншу (з 50 кВт до 38,4 кВт) на основі теоретичних припущень, але потужність, споживана іншим обладнанням залишається майже однаковою (додатки Б та В), а адсорбційний модуль містить ще 4 вентилятори, тоді як автор проголошує зниження енергоспоживання 14,3 кВт-год.

Таким чином, висновки автора про новизну технічного рішення не підкріплені патентними документами, наукова новизна не достатньо підкріплена теоретичним та дослідницьким матеріалом (відсутні математичне моделювання процесу з кореляцією математичного та лабораторного експерименту, не проведено термодинамічний аналіз в термінах повних ентальпій, який теоретично підтверджив би ефективність запропонованого технічного рішення). При оцінці енергоефективності автор не бере до уваги енергетичні витрати на експлуатацію допоміжного обладнання – вентиляторів, насосів, витрат на регенерацію адсорбенту в модулі, що істотно впливає на ефективність запропонованого рішення. Екологічний аспект стосується температури регенерації, яка не менше за 90°C, що на 40 – 50°C вище за температуру навколишнього середовища в літній період, що може призвести теплового забруднення навколишнього середовища.

Висновок

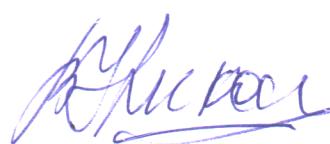
Кваліфікаційна робота Пустового Г.М. «Енергоефективний комплекс компресорного чілера з адсорбційним холодильним модулем» за своїм змістом відповідає спеціальності 161 – Хімічні технології та інженерія (16 – Хімічна інженерія та біоінженерія), Робота частково розв'язує важливу науково-практичну задачу – забезпечення ефективного відведення тепла від повітряного конденсатора у системах холодозабезпечення.

Запропоноване технічне рішення впроваджено, що підтверджено актами впровадження на основі напівпромислового експерименту.

Кваліфікаційна робота «Енергоефективний комплекс компресорного чілера з адсорбційним холодильним модулем» Пустового Г.М. відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії, а саме, вимогам пунктів 7 та 8, і частково вимогам пунктів 5 та 6 "Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. №44, а здобувач Пустовой Григорій Миколайович має право представити дану роботу на розгляд разової спеціалізованої вченої ради щодо присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія.

Офіційний рецензент

Професор кафедри енергетики,
доктор технічних наук, професор



Валерій НІКОЛЬСЬКИЙ

Підпись засвідчую

Вчений секретар

ДВНЗ «Український державний хімико-
технологічний університет»



Лариса РУДНЄВА