

## **Відгук офіційного оценента**

професора кафедри автоматизації теплоенергетичних процесів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України, доктора технічних наук, доцента Волощука Володимира Анатолійовича на дисертаційну роботу Тарасової Вікторії Олександровни за темою «Розвиток теорії та методів термоекономічного аналізу, синтезу, оптимізації інноваційних систем термотрансформації», поданою на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика

Відгук підготовлено за матеріалами дисертації, яка має вступ, 6 розділів та 4 додатки, серед яких – документи про впровадження та апробацію результатів дисертації. Повний обсяг дисертації – 409 сторінок, з яких основний зміст викладено на 335 сторінках друкованого тексту. Робота містить 189 рисунків, 33 таблиці і список використаних джерел з 184 найменуваннями на 19 сторінках.

### **1. Актуальність обраної теми**

Робота присвячена напряму наукових досліджень, який в теперішній час має особливу важливість та перспективність. Ексергетичний аналіз вказує на місцезнаходження, значення, причини, вартість та негативний вплив на довкілля термодинамічних необоротностей в системах передачі та перетворення енергії. В результаті такий підхід, на відміну від існуючого, так званого енергетичного або ентальпійного, дає можливість без значної кількості ітерацій знайти найбільш «слабкі» місця системи, та обґрунтувати як параметри так і її структуру відповідно до заданих умов.

В існуючій літературі методи сумісного застосування Першого та Другого законів термодинаміки і їх поєднання із економічним та екологічним оцінюванням реалізовано, в більшості випадків, для систем промислової теплоенергетики та хімічної галузі.

Що ж стосується систем термотрансформації, то тут виникає необхідність врахування низки відмінностей та особливостей застосування методів

ексергетичного аналізу та його поєднання із економічним та екологічним аналізом. Такі системи, зокрема теплонасосні установки (ТНУ), працюють у змінних режимах роботи. Ексергетичні та термоекономічні параметри в даному випадку є дуже чутливі до зміни параметрів навколошнього середовища, які у свою чергу коливаються в широких межах випадковим чином. Також під час реалізації в термотрансформаторах режимів роботи параметри навколошнього середовища можуть бути вищими, нижчими та перетинати параметри установки.

З огляду на це та з урахуванням перспективності застосування термотрансформаторів, актуальною залишається проблема розроблення методів термоекономічного аналізу, створення, удосконалення оперативного контролю й оптимізації на основі такого аналізу параметрів та структури інноваційних систем термотрансформації.

**Мета дисертаційної роботи** – розроблення нових та подальший розвиток існуючих методів прикладної термодинаміки і термоекономічної оптимізації систем термотрансформації (теплонасосних та холодильних установок), що у свою чергу дає можливість створити ефективні техніко-технологічні схеми та режими роботи як на існуючих так і на модернізованих об'єктах малої енергетики, харчової промисловості та житлово-комунальної сфери.

Дисертація виконувалася згідно до планів науково-дослідних робіт відділу моделювання та ідентифікації теплових процесів Інституту проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України, в яких автор брала безпосередню участь як виконавець. Проведене дисертаційне дослідження відповідає положенням проекту Енергетичної стратегії України до 2035 року, директивам та угодам Європейського Союзу і України та інтеграції у сфері енергетики, Закону України по «Про енергозбереження», Комплексної державної програми енергозбереження України, пріоритетних напрямкам розвитку науки і техніки в Україні «Екологічна чиста енергетика та енергозберігаючі технології», Національному плану дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року.

## **2. Аналіз основного змісту дисертації**

Зміст роботи відповідає сформульованим задачам. Суть проведених

досліджень відповідає паспорту спеціальності 05.14.06 – «технічна теплофізика та промислова теплоенергетика», які направлені створення нового методологічного підходу до вирішення науково-прикладної проблеми уdosконалення методів аналізу, синтезу та оптимізації для підвищення термодинамічних і техніко-економічних показників систем термотрансформації як на стадії проектування, так і на стадії експлуатації.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертації, мету, завдання досліджень, зазначено її зв'язок з науковими програмами, планами та темами, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, сформульовано отримані нові наукові результати, що виносяться на захист, та їх практичне значення, надано інформацію про їх впровадження, апробацію та публікування.

У *першому розділі*, на основі огляду як вітчизняних, так і закордонних літературних джерел, проведено аналіз сучасного стану та визначено шляхи подальшого розв'язання науково-прикладної проблеми із уdosконаленням методів термоекономічного аналізу як на етапі проектування, так і на етапі моніторингу та діагностики термотрансформаторів.

Зокрема, проаналізовано такі термоекономічні моделі та методи: автономний метод термоекономічної оптимізації, структурно-варіантний метод, теорія ексергетичної вартості, графічний метод термоекономічного аналізу на основі побудови С-кривих, термодинамічний аналіз і оптимізація циклів термотрансформаторів з урахуванням обмеження на теплову потужність, методи моніторингу та діагностики термодинамічної ефективності термотрансформаторів. Наведено декілька прикладів реалізації тієї чи іншої моделі. Зокрема, на основі методу структурно-варіантної термоекономічної оптимізації розглянуто задачу модернізації існуючого обладнання холодильної машини (ХМ), за допомогою автономного методу термоекономічної оптимізації наведено приклад оптимального проектування парокомпресійних ХМ і ТН.

Запропоновано рекомендації щодо області доцільного застосування та можливостей подальшого розвинення кожного з розглянутих методів. Вказано про необхідність розроблення методів та методик моніторингу енергетичної

ефективності ТНУ на основі термодинамічних підходів.

*Другий розділ* присвячено проблемам формування ексергетичної вартості продукту системи. Такий підхід є об'єктивним і науково обґрунтованим і не залежить від кон'юктурних економічних відносин, які містять в собі певний суб'єктивізм.

В розділі запропоновано єдиний методологічний підхід до визначення монетарної вартості потоків, в основі якого лежить запис вартісних балансів для ексергетичних потоків з поділом їх за функціональною ознакою «продукт» і «паливо» елемента.

Автором показано, що існуючі моделі (Е модель, Е-С модель, Н-С модель та UFS модель) формування монетарної вартості виробленого холоду і теплоти потребують удосконалення. На основі якісного та кількісного аналізу, показано як переваги так і недоліки кожної із існуючих моделей поділу ексергетичних потоків в елементі системи на «паливо» та «продукт». Відмічено, зокрема, що в Е моделі декомпозиція ексергетичних потоків залежить від цільового призначення установки, реалізація Е-С моделі ускладнена визначенням ККД конденсатора як дисипативного елемента, а UFS модель не здатна адекватно описати процес відводу теплоти тертя, що генерується на низькотемпературному рівні, через конденсатор на температурний рівень навколишнього середовища. Виходячи із цього, в роботі вперше запропоновано підхід до створення універсальної термоекономічної моделі парокомпресорних термотрансформаторів, який відрізняється від існуючих тим, що в процесі складання схеми декомпозиції ексергетичних потоків передбачається виділення термічної ентальпійної й ентропійної та механічної ентальпійної й ентропійної складових ексергії. В даному випадку схема розподілу ексергетичних потоків в елементах установки за якісною ознакою «паливо» і «продукт» не залежить від її цільового призначення, а залежить тільки від параметрів навколишнього середовища. У свою чергу це забезпечує коректне визначення термоекономічних показників, спрощення самого алгоритму реалізації моделі та автоматизацію розрахунку.

*Третій розділ* пропонує методи і реалізацію топологіко-ексергетичних

моделей на основі теорії ексергетичної вартості для різних систем термотрансформації.

На основі теорії ексергетичної вартості автором запропоновано узагальнену термоекономічну модель енергоперетворюючої установки. Для обліку впливу структури технологічної схеми використано матричну форму запису ексергетичних балансів. В розділі розроблено комплексний підхід до реалізації ексергетичного аналізу на основі побудови термоекономічних моделей і створення з використанням методів теорії планування експерименту регресійних залежностей узагальнених ексергетичних характеристик установки від визначальних факторів процесу. Це дало можливість формалізувати результати поглибленого ексергетичного аналізу, виробити практичні рекомендації щодо зміни конструктивних характеристик елементів установки в залежності від значень складових деструкції ексергії. Для побудови тополого-ексергетичних моделей на основі методу графів запропоновано нові схеми декомпозиції ексергетичних потоків для парокомпресійних, повітряно-компресійних ХМ, ТН, та когенераційних установок.

В розділі запропоновано метод покрокової оптимізації парокомпресорної ХМ на основі комплексного застосування методів термоекономіки.

Вирішено задачу термоекономічного обґрунтування вибору оптимальної температури охолодження на прикладі ХМ, що працює в позакритичному циклі. Показано наявність оптимальної температури охолодження, для якої ексергетичний ККД є максимальним, що є наслідком взаємного впливу в дійсних циклах зовнішньої і внутрішньої незворотності.

Реалізовано удосконалену термоекономічну оптимізацію ХМ з холдоагентом R744. Показана доцільність урахування в термоекономічній моделі вологості повітря.

У четвертому розділі розглядається розвинення методології системно-структурного оцінювання та аналізу на прикладі позакритичних і докритичних парокомпресорних термотрансформаторів з холдоагентами R718 та R744 шляхом розроблення універсального графічного інструментарію

термоекономічної оптимізації із застосуванням апарату С-кривих. Такий підхід дає можливість врахування різних за своїм походженням характеристик (витрат ексергії, капітальних й експлуатаційних витрат, екологічних показників тощо).

Як справедливо зазначила автор інноваційні системи термотрансформації відрізняються високими капітальними витратами у порівнянні із вартістю спожитого палива, що у свою чергу призводить до вибору більш дешевих установок, що є в певній мірі суб'єктивним. У зв'язку, для обґрунтування рішень, автор запропонувала варіювати не вартістю палива, а періодом роботи установки (кількістю років).

В роботі показано ефективне використання в задачах термоекономічної оптимізації апарату С-кривих як на стадії проектуванні, так і на стадії експлуатації установок. Крім того, на основі застосування С-кривих, автор реалізувала термодинамічну і термоекономічну оптимізацію схемно-циклових рішень термотрансформаторів з додатковим урахуванням рівня структурної складності схеми і екологічних факторів.

**У п'ятому розділі** запропоновано метод визначення реальних термодинамічних втрат парокомпресорних термотрансформаторів при роботі з повним і частковим навантаженням з урахуванням поділу втрат по виду незворотності.

Метод дає можливість вирішити задачу ідентифікації параметрів циклу у випадку обмеженої вхідної інформації.

Удосконалено ентропійно-статистичний метод визначення реальних втрат від незворотності в установках термотрансформації. Показано, що з мінімально можливою базою даних вимірювання можна визначити температури випаровування і конденсації у циклі, а отже і оцінити значення деструкції ексергії в кожному елементі не вдаючись до детального використання баз даних теплофізичних властивостей холодаагентів. Даний підхід було використано при створенні методики обробки даних для системи моніторингу ТНУ, яка експлуатується в реальних умовах.

Розроблено термодинамічні моделі прогнозування режимних параметрів

парокомпресійних чилерів і ТН, які засновані на використанні статистичної інформації про значення дисипативних втрат в реальних циклах.

На основі чисельної реалізації запропонованих термодинамічних моделей виявлено умови, що дають змогу забезпечити зниження енергоспоживання чилерів і ТН при роботі в режимі часткового навантаження за рахунок вибору оптимального співвідношення між витратою води у випарнику і конденсаторі. Встановлено, що для підвищення енергетичної ефективності чилера в режимі роботи з частковим навантаженням відношення витрати води через конденсатор до витрати води через випарник повинен бути не менше 2, при цьому ефективність збільшується на 5 %.

*У шостому розділі* роботи запропоновано методологічні основи експрес-проектування ґрунтових теплообмінників (ГТ) горизонтального типу для геотермальних ТНУ з урахуванням комплексного підходу до проектування таких систем – а саме розгляду їх як єдиного цілого з урахуванням взаємозв'язків всіх підсистем ґрунт, ТНУ, споживач теплоти.

З метою створення та реалізації математичної моделі ґрунтового масиву як низькопотенційного джерела автором виконано обґрунтування вибору граничних умов теплообміну ГТ горизонтального типу. Показано, що використання граничних умов третього роду на поверхні ґрунту не віправдано у зв'язку з неоднозначністю визначення коефіцієнта тепловіддачі і невеликими відмінностями температури повітря від температури поверхні ґрунту. На основі проведеного аналізу, показано, що для оцінювання теплового стану ґрунту в якості граничних умов теплообміну на поверхні ґрунту можна використовувати граничні умови першого роду. Також розрахунок теплової потужності ГТ запропоновано здійснювати на основі модернізованої формули Форхгеймера, а саме застосовувати у формулі температуру ґрунту на глибині закладання ГТ в залежності від періоду року роботи установки.

На основі розробленої моделі та у поєднанні з ентропійно-статистичним підходом у роботі запропоновано та реалізовано алгоритм теплотехнічного розрахунку системи «ґрунт - ґрутовий теплообмінник - ТНУ - споживач

теплоти», який дає можливість розрахунку термодинамічних, теплотехнічних та конструктивних характеристик геотермальної ТНК залежно від умов роботи.

Із використанням термоекономічного підходу запропоновано та реалізовано алгоритм оцінювання впливу термодинамічної досконалості компонентів геотермальної ТНУ на вартість його продукту впродовж опалювального періоду.

### **3. Нові науково-обґрунтовані результати:**

#### **Вперше здобувачем:**

- запропоновано єдиний методологічний підхід до визначення монетарної вартості потоків, в основі якого лежить запис вартісних балансів для ексергетичних потоків з поділом їх за функціональною ознакою «продукт» і «паливо» елемента, що у свою чергу дало можливість вперше створити класифікацію термоекономічних моделей формування монетарної вартості «продукту» та провести порівняльний аналіз різних за принципом декомпозиції ексергетичної потоків термоекономічних моделей;

- запропоновано новий підхід до створення універсальної термоекономічної моделі парокомпресорних термотрансформаторів, який відрізняється від існуючих тим, що в процесі складання схеми декомпозиції ексергетичних потоків передбачається виділення термічної ентальпійної й ентропійної та механічної ентальпійної й ентропійної складових ексергії. В даному випадку схема розподілу ексергетичних потоків в елементах установки за якісною ознакою «паливо» і «продукт» не залежить від її цільового призначення, а залежить тільки від параметрів навколишнього середовища. У свою чергу це забезпечує коректне визначення термоекономічних показників, спрощення самого алгоритму реалізації моделі та автоматизацію розрахунку;

- реалізовано термоекономічне обґрунтування вибору оптимальної температури охолодження у дійсному циклі ХМ, розкрито механізм взаємного впливу внутрішньої та зовнішньої незворотності тепло- гіdraulічних процесів в її елементах для досягнення максимальної ексергетичної ефективності, що спростило механізм оптимізації системи;

- розроблено метод розрахунку реальних термодинамічних втрат парокомпресорних термотрансформаторів при роботі з повним і частковим навантаженням з урахуванням поділу втрат по виду незворотності, який дає можливість вирішити задачу ідентифікації параметрів циклу у випадку обмеженої вхідної інформації.

#### **Дісталася подальший розвиток здобувачем:**

- теорія ексергетичної вартості стосовно формалізації результатів (практичного застосування при проектуванні) поглиблена термодинамічного аналізу енергоперетворюючих установок, а саме, розроблено комплексний підхід до реалізації ексергетичного аналізу на основі побудови термоекономічних моделей і створення з використанням методів теорії планування експерименту регресійних залежностей узагальнених ексергетичних характеристик установки від визначальних факторів процесу;

- методологія системно-структурного аналізу парокомпресорних термотрансформаторів в частині розробки універсального графічного інструментарію термоекономічної оптимізації з використанням С-кривих для комплексної оцінювання технологічних схем за енергетичними, економічними та екологічними показниками.

#### **4. Практична користь роботи**

Найбільшу практичну цінність мають такі одержані у дисертації результати:

- розроблено та науково обґрунтовано інженерний інструментарій, що дає змогу на різних етапах створення енергоперетворюючої установки здійснювати тестування і аналіз її термодинамічних і техніко-економічних показників;

- запропоновано концепцію створення віртуальної ХМ/ТН з метою визначення максимально можливого ексергетичного «продукту» при заданому типі компресора, що дає можливість проводити коректне зіставлення конкуруючих варіантів компресорного та теплообмінного обладнання при розв'язанні задачі термоекономічної модернізації установки;

- розроблено нові схеми декомпозиції ексергетичних потоків за якісною ознакою «паливо» – «продукт» – «залишки» для створення нових топологі-

ексергетичних моделей холодильних, теплонасосних та когенераційних установок на основі застосування теорії ексергетичної вартості;

- запропоновано методику обробки даних моніторингу систем тепло- і холодопостачання на базі теплонасосних технологій із застосуванням сучасних методів прикладної термодинаміки, яка дозволяє в режимі реального часу здійснювати термодинамічне тестування роботи системи за обмеженої кількістю параметрів, що замірюються, у тому числі при роботі парокомпресорних ТН і водоохолоджувальних машин в режимі з частковим навантаженням;

- розроблено інженерний інструментарій визначення реальних ексергетичних втрат в елементах парокомпресорних водоохолоджувальних машин і ТН без застосування баз даних теплофізичних властивостей холодаагентів;

- на основі сформованих ентропійно-статистичних термодинамічних моделей проведено тестування ефективності сучасних водоохолоджувальних машин і ТН та створено бази даних реальних значень дисипативних втрат в широкому діапазоні зміни їх проектної продуктивності, отримано регресійні залежності термодинамічної ефективності сучасних водоохолоджувальних машин і ТН від визначальних факторів;

- визначено раціональні співвідношення витрат теплоносіїв у випарнику і конденсаторі, що забезпечують зниження енергоспоживання водоохолоджувальних машин при роботі з частковим навантаженням;

- розроблено номограми для аналітичного визначення режимних характеристик холодильних і ТН установок;

- використовуючи методичний принцип побудови відомої ексергетичної потокової діаграми Грассмана, в роботі вперше запропоновано діаграму неген-тропійних та ексергетичних потоків, що ілюструє результати термоекономічного функціонального аналізу ХМ;

- на основі розробленої моделі та у поєднанні з ентропійно-статистичним та ексергетичним підходами у роботі запропоновано та реалізовано експрес-методику та алгоритм теплотехнічного розрахунку та техніко-економічного аналізу системи «ґрунт - ґрутовий теплообмінник - ТНУ - споживач теплоти»,

який дає можливість розрахунку термодинамічних, теплотехнічних, конструктивних та економічних характеристик геотермальної ТНК залежно від умов роботи

## **5. Оцінка обґрунтованості та достовірності результатів**

*Обґрунтованість* висновків і одержаних результатів дисертаційної роботи базується на використанні фундаментальних законів термодинаміки, тепло масообміну, методів математичного моделювання, математичної статистики, достатньо повного врахування факторів впливу та формалізації взаємозв'язку між компонентами систем. Отримані автором наукові результати відповідають поставленим задачам досліджень та підтверджуються їх достатньою апробацією на науково-технічних конференціях та семінарах.

*Достовірність* результатів дисертації підтверджується математичною коректністю поставлених задач і збігом теоретичних припущень з результатами комп'ютерного моделювання та експериментальних досліджень; несуперечністю відомих і запропонованих у роботі теоретичних і практичних положень та закономірностей. Достовірність отриманих результатів також підтверджується їх впровадженням у вигляді моделей, методик та рекомендацій в Інституті відновлюваної енергетики (м. Київ), ТОВ «Комфорт+Сервіс» (м. Харків), ПАТ Науково-виробниче підприємство «Холод» (м. Харків), Науково-технічному центрі Інженерної академії України (м. Харків) та у громадських організаціях «Нова енергія» і «Агенція локальних ініціатив» (м. Харків). Автор представила відповідні довідки та акти про впровадження.

## **6. Повнота викладення основних матеріалів дисертації в опублікованих працях**

Наукові публікації достатньо повно висвітлюють основні наукові положення дисертації. За темою роботи опубліковано 53 наукових праці, із яких 3 монографії, 31 стаття у наукових фахових виданнях (із них 4 статті надруковано в виданнях, які входять до міжнародної бази SCOPUS, 19 статей – в фахових виданнях, які відповідають вимогам МОН України, 3 статті надруковано в іноземних фахових виданнях, 5 – в виданнях, які входять до міжнародних

наукометричних баз), 19 доповідей в збірниках матеріалів конференцій

## **7. Автореферат дисертації**

Основні наукові положення та висновки дисертаційної роботи ідентичні наведеним у авторефераті.

**8. Наукові положення та результати, які виносилися на захист кандидатської дисертації «Моделювання та ідентифікація теплових процесів у капілярно-пористих тілах» (2009 рік) за спеціальністю 05.14.06 – «технічна теплофізика та промислова теплоенергетика», яка була захищена в спеціалізованій раді при інституті проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН Україн, не використовуються в поданій докторській дисертації.**

## **9. Зауваження щодо змісту дисертації та автореферату**

1) В роботі, недостатньо уваги приділено аналізу установок з урахуванням тривалості та варіації можливих режимів роботи. В багатьох випадках розглядаються та аналізуються відособлено лише окремі режими роботи (наприклад, в умовах температури навколошнього середовища 0 °C, 25 °C, 29 °C, 30 °C, 32 °C) з повним чи частковим навантаженням. Але як ХМ, так особливо і ТНУ працюють в досить широкому діапазоні навантажень та умов роботи. Може виявитися, що в одних режимах найбільш неефективним є один компонент, а в інших – інший. Тому є потреба використання в аналізі показників, які б дали змогу врахувати як тривалість всіх можливих режимів, так і їх варіацію. Це б дало змогу більш інтегрально оцінити установку.

2) В роботі бажано було б більше приділити уваги задачам оптимізації параметрів та структури термотрансформаторів з урахуванням варіації характеристик споживача (наприклад, врахування різних типів системи опалення, теплотехнічних характеристик будівлі, тощо). Результати ексергетичного аналізу показують суттєвий взаємоплив між компонентами не тільки окремої установки, але і системи в цілому.Хоча в шостому розділі така взаємоувязка частково розглядається, було б добре це виконати і для випадків, що аналізуються в попередніх розділах роботи.

3) Не зовсім зрозумілі дані на рис. 5.31 та 5.32, де значення параметрів ТН (коєфіцієнт перетворення, тепlopродуктивність) для деяких проміжків часу рівні нулю. В тексті вказано, що в цих умовах ТН відключався. Тоді, можливо, коректніше показати це відсутністю на графіку точок за цей період? Крім того, для періоду відключення ТН (див. рис. 5.31) тепlopродуктивність  $Q_k$  існує. За рахунок чого? Якщо це за рахунок пікового чи іншого джерела, то це, для полегшення розуміння, варто було б вказати.

4) В останньому розділі недостатньо уваги приділено більш глибшому та детальному термоекономічному аналізу ґрунтових теплообмінників з урахуванням взаємозв'язку із ТНУ та споживачем. Представлене в розділі термоекономічне оцінювання варто було деталізувати.

5) В роботі в одних випадках грошовою одиницею вимірювання виступає національна валюта (гривна), а в інших – іноземна (\$ США), що ускладнює порівняння та аналіз представлених результатів між собою.

6) В тексті дисертації було замічено декілька описок, зокрема комп’ютерного характеру. Деякі графіки, наприклад, на рис. 1.7, 5.25, 5.26, 5.44 та 5.50 варто було б представити більш чіткіше. Також на ст. 134 вказано, що на рис. 2.14 показано зміну вартості деструкції ексергії  $C_{Dk}$  в елементах ТНУ в залежності від параметра K.Хоча на самому графіку (рис. 2.14) вказана одиниця виміру потужності (кВт), а не вартості.

## **10. Відповідність дисертації встановленим вимогам та загальна оцінка дисертації**

Наведені зауваження суттєво не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, не ставлять під сумнів основні теоретичні положення і отримані науково-практичні результати.

Дисертація Таракової В.О. є завершеним науковим дослідженням, в якій вирішена важлива науково-прикладна проблема розвитку та удосконалення теорії методів аналізу, синтезу та оптимізації для підвищення термодинамічних і техніко-економічних показників інноваційних систем термотрансформації при їх проектуванні та експлуатації.

Структура та об'єм тексту відповідають встановленим для докторських дисертацій вимогам. Плагіат не прослідковується.

За актуальністю теми, мірою обґрунтованості наукових положень, достовірністю, новизною, теоретичною та практичною цінністю одержаних результатів дисертаційна робота Тарасової Вікторії Олександровни на тему «Розвиток теорії та методів термоекономічного аналізу, синтезу, оптимізації інноваційних систем термотрансформації» повністю відповідає вимогам до дисертацій та авторефератів дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, зокрема, п. п. 9, 10 та 12–14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р. (зі змінами), та паспорту спеціальності 05.14.06 – «технічна теплофізика та промислова теплоенергетика», а Тарасова Вікторія Олександровна заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.14.06 – «технічна теплофізика та промислова теплоенергетика».

Офіційний опонент,

доктор технічних наук, доцент,

професор кафедри автоматизації

теплоенергетичних процесів

Національного технічного

університету України

«Київський політехнічний інститут

імені Ігоря Сікорського»

