

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри нафтогазових
технологій, інженерії та теплоенергетики

Одеського національного технологічного університету, МОН України

Тітлова Олександра Сергійовича

на дисертаційну роботу

Оверченка Андрія Олександровича

на тему

**«ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ АЕС ЗА РАХУНОК ЇХ
РОЗШИРЕНОГО ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ»,**

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за

спеціальністю

143 – Атомна енергетика, галузь знань 14 –електрична інженерія

1 АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ ДИСЕРТАЦІЇ

Атомна енергетика сьогодні переживає підйом в розвитку. На неї покладено задачу зниження навантаження на довкілля через скорочення використання органічного палива. Саме атомна енергетика разом з відновлюваними джерелами енергії спроможна вирішити амбітні задачі сповільнення глобального потепління.

Для максимального скорочення викиду парникових газів планується використання атомної енергетики не тільки при виробництві електроенергії, а й в теплопостачанні. З аналізу світового балансу споживання палива отримано, що теплопостачання потребує палива майже в рази більше, ніж виробництво електроенергії. Таким чином, без широкого впровадження АЕС для теплопостачання вирішити проблему, що стоїть перед людством, не можливо.

Дисертаційна робота **Оверченка** Андрія Олександровича вирішує саме цю задачу:

- розглядається розширене використання великих АЕС;
- запропоновано режим роботи малих модульних АЕС (ММР), які дозволяє

розширити можливості ИИР для забезпечення крупних споживачів;

- розглянуто використання теплових насосів для зниження теплового забруднення від АЕС.

Вважаю, що дисертаційна робота Андрія Оверченка є актуальною і своєчасною.

2 ЗВ'ЯЗОК РОБОТИ З НАУКОВИМИ ПРОГРАМАМИ, ПЛАНАМИ, ТЕМАМИ

Дисертацію виконано згідно тематичних планів НДР Національного університету «Одеська політехніка» при виконанні НДР відповідно до Енергетичної стратегії України на період, а саме кафедральної науково-дослідної роботи №124-42 «Ядерна та радіаційна безпека та ефективність енергоблоків АЕС з урахуванням сучасних проблем та тенденцій в атомній електроенергетиці».

3 ОЦІНКА ОБҐРУНТОВАНOSTІ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ І РЕКОМЕНДАЦІЙ

При розв'язанні поставлених у дисертації задач здобувач використав аналітичні та розрахункові методи (розрахунок теплових схем турбоустановок енергоблоків з реакторами ВВЕР-1000, SMR-160, дальній транспорт теплоти, теплових насосів та моделювання режимів роботи турбоустановки, моделювання режимів роботи теплового насосу). Ці методи дозволили отримати кількісні оцінки використання турбоустановок різної потужності та теплових насосів для теплопостачання. Для визначення переваг технічних рішень використаний апарат техніко-економічного аналізу

Наукові положення обґрунтовані використанням відомих методів розрахунків та логічними значеннями отриманих характеристик.

Висновки та рекомендації дисертації логічно впливають із проведеного теоретичного аналізу, постановки задач, запропонованих моделей і результатів розрахункових досліджень, а отже можуть вважатися

достатньо обґрунтованими.

4 ДОСТОВІРНІСТЬ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, РЕКОМЕНДАЦІЙ ТА ВИСНОВКІВ

Підставою для позитивної оцінки достовірності результатів дисертації слугує насамперед методологічна коректність побудови математичних моделей. Здобувач використовує теплові схеми реальних турбоустановок та аналізує їх можливості для теплопостачання з максимальною потужністю.

Достовірність додатково підкріплюється тим, що оцінювання проводилося на основі відомих економічних показників, а саме приведених витрат.

5 НАУКОВА НОВИЗНА РЕЗУЛЬТАТІВ, ВИКЛАДЕНИХ У ДИСЕРТАЦІЇ

Дисертаційна робота присвячена розв'язанню актуальної наукової задачі розширеного використання АЕС для теплопостачання. Приводиться аналіз використання теплових насосів для використання в сукупності з АЕС.

За результатами проведених досліджень здобувачем отримано нові науково обґрунтовані результати, що не були предметом попередніх захистів і становлять самостійний внесок у розвиток атомної енергетики, а саме:

1. вперше було визначено максимальну теплову потужність, що може відпускати АЕС для теплопостачання, та отримана відповідна залежність максимальної теплофікаційної потужності від номінальної потужності АЕС;
2. підтверджено твердження, що використання теплових насосів для теплопостачання від АЕС знижує термодинамічну ефективність але підвищує економічну ефективність комплексного виробництва теплової та електричної енергії. Використання теплових насосів дозволяє скоротити або повністю припинити теплові викиди, які є одним з основних недоліків АЕС;

3. запропоновано розташування АЕС малої потужності на плавучій платформі в морі з забезпеченням теплопостачання по трубопроводах, розташованих на морському дні;
4. визначено оціночне значення екологічного податку на теплове забруднення. Зроблено висновок, що через відсутність технології, яка може запобігти тепловому забрудненню, вводити відповідний податок недоцільно.

Отримані результати в сукупності є новими для спеціальності 143 «Атомна енергетика» та спрощують підготовку техніко-економічного обґрунтування використання як великих так і малих реакторів для теплопостачання.

6 ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Практичне значення роботи полягає в тому, що отримані результати дозволяють розробити стратегію широкого використання АЕС для теплопостачання в Україні, а саме:

- визначено максимально можливі потужності АЕС для теплопостачання в теплофікаційному режимі в залежності від номінальної електричної потужності АЕС, отримані техніко-економічні та екологічні показники використання АЕС для теплопостачання, що необхідно для техніко-економічного обґрунтування розширеного використання АЕС для теплопостачання;
- запропоновані та розраховані основні характеристики різних варіантів використання теплових насосів в схемі АЕС;
- при проєктуванні використання теплових насосів для теплопостачання від АЕС визначено, що оптимальним варіантом розташування теплових насосів є розташування їх біля АЕС.

Результати дисертації впроваджені у навчальному процесі кафедри атомних електростанцій Національного університету «Одеська політехніка» для підготовки студентів за спеціальністю 143 – атомна енергетика, що

підтверджується відповідним актом впровадження.

7 ПОВНОТА ВИКЛАДУ РЕЗУЛЬТАТІВ У ПУБЛІКАЦІЯХ ТА ДОТРИМАННЯ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ

Основні результати дисертації опубліковано в 11 наукових працях, серед яких:

- 4 статті у фахових виданнях України з технічних наук;
- 6 публікацій у матеріалах міжнародних наукових і науково-практичних конференцій;
- 1 стаття у іноземному журналі.

Тематика та зміст зазначених праць корелюють із основними науковими положеннями дисертації, що забезпечує належний рівень апробації результатів.

Ознак порушення академічної доброчесності (плагіат, фальсифікація результатів тощо) в дисертаційній роботі не виявлено.

7 АНАЛІЗ ФОРМИ ТА ЗМІСТУ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Логіка побудови роботи відображає послідовний перехід від теоретичного обґрунтування до розроблення моделей, їх практичної реалізації.

Вступна частина окреслює наукову проблему, визначає мету, об'єкт і предмет дослідження, формулює наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, а також містить відомості про апробацію роботи.

В першому розділі вказано на перспективи розвитку атомної енергетики та необхідність більш широкого використання їх для теплопостачання. Цьому питанню в літературі приділяється достатньо багато уваги. В Інституті технічної теплофізики НАНУ запропоновано забезпечити теплопостачання від АЕС на території радіусом 100 кілометрів навкруги атомної електростанції. Подальша робота присвячена аналізу можливості та засобам використання цієї ідеї.

Звергнуто увагу, що задеклароване використання ММР для теплопостачання не здатне при сучасній технології забезпечити необхідну потужність. Вирішенню цієї задачі також присвячується розглянута робота.

Проаналізовано також ідея будівництва атомних станцій теплопостачання (АСТ), які призначені тільки для теплопостачання. Підкреслюється, що для України такі установки будуть працювати тільки протягом опалювального періоду і собівартість виробленої продукції буде дуже велика. Тому для України використання АСТ недоцільно. Найбільш економічним засобом є комбіноване виробництво теплової та електричної потужності. Розвитку цього напрямку і призначена розглянута робота.

Інтерес викликає приведений аналіз ефективності комбінованого виробництва теплової та електричної енергії, а саме ТЕЦ чи АТЕЦ. Показано, що при наявному на енергоблоці АЕС співвідношенні потужностей взимку, а саме 1003,8 МВт (електричної енергії) та 117 МВт (тепловий енергії) економія палива відносно роздільного виробництва складає 1,9 %.

Цей результат доволі скромний і викликає сумнів: чи треба розвивати центральне теплопостачання, яке передбачає велику кількість підземних трубопроводів, необхідність їх ремонту, обслуговування та втрати теплоти при транспортуванні. Тим не менш підкреслюється, що зі збільшення теплофікаційної потужності економія зростає.

Відповідна увага приділена використанню теплових насосів. Звертається увага, що за аналізом літератури теплові насоси програють використанню теплофікаційної установки, де вода нагрівається парою, що відбирається від турбіни. Однак, автор ставить задачу перевірки цього твердження і в подальшому отримує важливий результат.

У другому розділі розглядається розширене використання великих та малих АЕС для теплопостачання. Дуже важливим є аналіз використання АЕС для теплопостачання з термодинамічної та техніко-економічної точки зору. Вперше показано, що зі збільшення теплової потужності, яка відпускається теплоспоживачу, ексергетичний ККД енергоустановки незначно, але все ж

таки росте. З економічної точки зору при діючих сьогодні тарифах теплопостачання вигідно для АЕС. Ці результати мають велике значення для стимулювання розвитку теплопостачання від АЕС для галузі. Для максимального використання АЕС для теплопостачання визначено максимальну потужність, яку може відпускати турбоустановка в теплофікаційному режимі. Отримано залежність електричної потужності від теплофікаційного навантаження.

Проаналізовано використання для теплопостачання малих модульних реакторів. Показано, що по звичайній технології ММР не можуть приймати участь в теплопостачанні навіть одного району крупного міста. Для виправлення цієї ситуації запропоновано режим роботи турбоустановки з мінімальним пропуском пари в конденсатор. Запропоновано відповідну схему та методику її розрахунку.

Для теплозабезпечення міста, що розташоване в густонаселеному районі розглянуто дальній транспорт гарячої води по дну моря. Показано, що при використанні поліуретанової теплоізоляції втрати теплоти незначні і дійсно доведено, що такий транспорт економічно обґрунтований.

Третій розділ розглядає використання теплових насосів (ТН) в комплексі з АЕС. Показано, що використання теплового насоса, який використовує конденсатор турбіни у якості низько потенційного джерела енергії, забирає на привід компресору потужність, яка на 4 % перевищує потужність, яка додатково виробляється турбіною через відсутність теплофікаційних відборів. Тобто, використання ТН дещо програє використанню звичайної технології теплофікації, коли мережева вода обігрівается парою, яка відбирається з турбіни. Але цей програш невеликий і він компенсується екологічними перевагами використання теплових насосів.

Проведено оптимізацію розташування теплових насосів для гарячого водопостачання міста Вараш. Джерелом теплоти є конденсатор турбіни. Отримано важливий практичний результат, що економніше розташовувати тепловий насос біля конденсатору та транспортувати гарячу воду в місто, ніж

транспортувати в місто циркуляційну поду та забезпечувати цією водою теплові насоси, що розташовані біля споживачів у місті.

Четвертий розділ присвячений зниженню теплового забруднення від АЕС. Показано, що за опалювальний період теплопостачання від АЕС дозволяє зекономити 71 тис. тон природного газу. Крім економії газу, це суттєво скорочує викиди парникових газів. Зроблена спроба визначити величину екологічного податку на теплові викиди АЕС. Поставлена задача була вирішена, але тут же наведено, що такий податок вводити недоцільно через відсутність технології, яка може запобігти такому забрудненню, так як в кінцевому варіанті передана енергія все одно буде передана навколишньому середовищу.

Висновки стисло і точно підсумовують досягнуті результати та підтверджують повне виконання задач, сформульованих у вступі.

Загалом дисертація справляє враження цілісної та концептуально завершеної наукової праці, в якій кожен розділ органічно пов'язаний із загальною логікою дослідження.

9 ЗАУВАЖЕННЯ ДО ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Наведені нижче зауваження не зменшують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи, проте, на думку опонента, заслуговують на увагу здобувача:

1. В 1-у пункті наукової новизни зазначено, що визначена максимальна теплова потужність, яку може відпустити АЕС для теплопостачання. Треба додати, що “в теплофікаційному режимі”. Тому що в принципі вся теплова потужність реактора може бути передана теплоспоживачу.
2. В першому розділі наводиться принцип роботи компресійного теплового насосу. Достатньо було зробити посилання на описання принципу роботи , тому що при проведенні досліджень відносно якогось процесу, зрозуміло, що дослідник має розбиратися в об’єкті дослідження.
3. На стор. 40 наводиться, що “Результати математичного моделювання

показують, що потужність, необхідна для роботи компресора теплового насоса, вище додатково виробляємої енергоблоком електричної потужності”. Треба пояснити, що при використанні теплового насоса теплофікаційна установка не працює та відбори на теплофікацію не використовуються, що приводить до більшого пропуску пари через турбіну та більшої потужності турбіни.

4. В першому розділі розглянуто абсорбційний тепловий насос, але в подальшому аналізі абсорбційні насоси не розглядаються. Має бути обґрунтований вибір компресійних насосів для подальшого дослідження.
5. На рис.2.3 наводиться графік залежності складових річних приведених витрат від зовнішнього діаметру трубопроводу теплотраси. Має бути пояснений характер кривої зміни вартості трубопроводу від його діаметру.

Зазначені зауваження мають переважно дискусійний або редакційний характер і не впливають на наукову цінність дисертаційної роботи.

10 ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ОЦІНКА ДИСЕРТАЦІЇ

Дисертаційна робота **Оверченка Андрія Олександровича** є завершеною кваліфікаційною науковою працею, в якій вирішено актуальну наукову задачу обґрунтування розширеного використання АЕС для теплопостачання та визначення шляхів реалізації такого використання.

Робота відзначається актуальністю тематики, науковою новизною отриманих результатів, достатнім рівнем теоретичної обґрунтованості та переконливими отриманими результатами.

Зміст дисертаційної роботи відповідає спеціальності 143 – «Атомна енергетика», галузі знань 14 – «Електрична інженерія», а сама робота – вимогам чинного Порядку присудження ступеня доктора філософії в Україні.

Враховуючи викладене, вважаю, що дисертаційна робота Оверченка Андрія Олександровича тему «Підвищення ефективності роботи АЕС за рахунок їх розширеного використання для теплопостачання» відповідає вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у ЗВО (наукових установах), затвердженого

Постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 року № 261 (зі змінами) та вимогам п.п. 5 – 9 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 №44 (зі змінами). Автор дисертаційної роботи – Оверченко Андрій Олександрович – заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 143 – Атомна енергетика, галузь знань 14 – Електрична інженерія.

Офіційний опонент:
доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри нафтогазових технологій,
інженерії та теплоенергетики
Одеського національного технологічного
університету

Олександр ТІТЛОВ