

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

ЛИЖНИК ВЛАДИСЛАВ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 662.92

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ
ТЕПЛОГЕНЕРАТОРІВ ТЕПЛА В ПРОМИСЛОВOSTІ
ТА ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНІЙ СФЕРІ**

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

АВТОРЕФЕРАТ
дипломної роботи на здобуття вищої освіти
освітнього ступеня магістр

Тернопіль – 2019

Дипломною роботою магістра є рукопис

Робота виконана в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник

кандидат технічних наук, доцент
Зінь Мирослав Михайлович,
доцент кафедри «Електричної інженерії»
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Рецензент

кандидат технічних наук, доцент
Габрусєва Ірина Юрїївна,
доцент кафедри вищої математики
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Захист відбудеться «28» грудня 2019 р. о 10 годині на засіданні екзаменаційної комісії № 41 з атестації здобувачів вищої освіти освітнього ступеня магістр 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка при Тернопільському національному технічному університету імені Івана Пулюя МОН України за адресою: 46000, м. Тернопроіль, вул. Микулинецька 46, аудиторія 404.

З авторефератом дипломної роботи магістра можна ознайомитися в інституційному репозиторії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (ELARTU) за адресою <http://elartu.tntu.edu.ua/>

Секретар

Екзаменаційної комісії № 41

Коцюрко Р.В.

Актуальність теми роботи. Першочерговим завданням розвитку економіки України є зменшення енергоспоживання в промисловості за рахунок використання нових енергозберігаючих технологій. У зв'язку з цим приділяють велику увагу модернізації обладнання, що використовується в технологічних процесах нагріву робочої рідини.

У спеціальних технологіях, пов'язаних з підвищенням температури рідких середовищ, у нафтовій, хімічній та харчовій промисловості у більшості випадків застосовують контактні методи нагріву, використовуючи при цьому конвективні поверхні теплообмінників або електричних нагрівачів. Однак застосування даних методів веде до появи на нагрівальних елементах шарів солей, накипу та пригару, які зумовлюють зниження якості кінцевої продукції, а також зменшення коефіцієнта корисної дії теплогенеруючої установки. В результаті чого для підтримування заданої температури необхідно збільшувати енергоспоживання, що може призвести до пошкодження нагрівальних елементів.

З метою запобігання передчасного виходу з ладу теплотехнологічного устаткування проводять періодичне хіміко-механічне очищення поверхонь від накипу, застосовуючи при цьому спеціальні хімічні речовини, що в свою чергу веде до збільшення витрат на технічне обслуговування і у повній мірі не може гарантувати усунення відкладень.

Одним зі шляхів вирішення цієї проблеми може бути застосування об'ємного нагріву робочої рідини, що реалізується в гідродинамічних теплогенераторах. В основу роботи цих установок покладено принцип дисипації енергії рухомої рідини, який обумовлений тертям на обтічних поверхнях і супроводжується втратами кінетичної енергії потоку та підвищенням температури. Теплові установки, що працюють за цим принципом, не мають конвективних поверхонь нагріву і дозволяють збільшувати температуру майже усіх рідин, у тому числі вибухонебезпечних та органічного походження.

Аналіз робіт, присвячених вивченню дисипативного нагрівання, свідчить, що в науковій літературі присутні лише розрізнені важко порівнянні між собою результати теоретичних та експериментальних досліджень.

У зв'язку з цим актуальним є проведення комплексних досліджень дисипативного нагрівання рідин з метою поглиблення знань про фізичну сутність явища дисипації та вдосконалення даної технології.

Метою магістерської роботи є оцінка енергоефективності застосування теплогенеруючих агрегатів багатofункціонального призначення та створення на їх основі ресурсо- та енергозберігаючого обладнання.

Об'єктом дослідження є рециркуляційна гідравлічна система з гідродинамічним теплогенератором.

Предметом дослідження є процес дисипативного нагрівання рідини.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених в роботі завдань застосовуються техніко-економічний аналіз, теоретична складова проведеного аналізу ґрунтується на застосуванні методів статистичного аналізу, обробка й узагальнення отриманих результатів здійснювалась за допомогою ПК і сучасного програмного забезпечення.

Особистий внесок автора - особистий внесок автора включає постановку мети і задач дослідження, обґрунтування принципів і методів їхнього проведення, якісний і кількісний аналіз результатів, їхня інтерпретація.

Апробація результатів дипломної. Основні положення та результати дипломної роботи магістра доповідалися на VIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів ТНТУ імені Івана Пулюя «Актуальні задачі сучасних технологій» (27-28 листопада 2019 року, м. Тернопіль).

Структура і обсяг роботи. Дипломна робота магістра складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел із 49 найменування на 5-ти сторінках. Загальний обсяг дипломної роботи становить 133 сторінки, з них 48 основного тексту, 32 рисунки та 14 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні задачі досліджень, показано зв'язок із науковими програмами, планами, темами, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено дані про особистий внесок здобувача, публікації, апробацію та впровадження результатів роботи.

У першому розділі проведено аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами, Відмінна риса об'ємних методів нагрівання перед контактними полягає у відсутності негативних відкладень (накипу та пригару), що є беззаперечною перевагою, особливо в технологіях, в яких важлива якість виготовленої продукції (пастеризація, підвищення температури хімічних розчинів, технічних рідин та нафтопродуктів).

Додатковою перевагою є той факт, що внаслідок відсутності накипу та пригару значення ККД установок об'ємного нагрівання фактично залишається незмінним, оскільки в контактних установках даний показник енергоефективності зменшується по мірі зростання товщини відкладення.

Однак при цьому слід відмітити, що вартість об'ємних нагрівачів, таких як НВЧ установки та гідродинамічні теплогенератори, суттєво відрізняється від вартості установок з електричними нагрівальними елементами опору, що, відповідно, необхідно враховувати в техніко-економічному обґрунтуванні при виборі обладнання.

Серед установок об'ємного нагрівання, внаслідок наявності вимог до величини питомого електричного опору рідини, обмежену сферу використання мають електродні нагрівачі. Найчастіше їх використовують у системах опалення та гарячого водопостачання віддалених від центральних теплових мереж і газопроводів селищ.

Застосування специфічного обладнання, його висока вартість, великі енергетичні затрати стримує широке використання НВЧ енергії в промисловості.

Отже, перераховані фактори окреслюють можливу сферу застосування гідродинамічних теплогенераторів. Дана сфера охоплює спеціальні технології, пов'язані з підвищенням температури рідких середовищ в нафтовій, хімічній та

харчовій промисловості. В окремих випадках гідродинамічні установки дисипативного нагрівання можуть працювати в якості автономних джерел теплової енергії в системах гарячого водо- і тепlopостачання.

У другому розділі представлені основні етапи розвитку теплогенераторів. Розглянуті основні групи та особливості роботи вихрових генераторів. Відображені основні процеси вихрового руху в теплогенераторі. Проведена кількісна оцінка ефективності дисипації механічної енергії рухомої рідини в круглому циліндричному каналі. Розглянуті питання ефективності застосування теплогенераторів в промисловості, зокрема застосування в харчовій промисловості для пастеризації молока. Так, використання гідродинамічних теплогенераторів для пастеризації дозволяє покращити смакові властивості молочних продуктів завдяки подрібненню (диспергації) кавітаційними струмками високомолекулярних сполук, що присутні в молоці та молочних сумішах. Застосування в установках рекуперативного теплообмінника для попереднього підігріву молока на вході дозволяє значно знизити витрати електроенергії. Ефективність гідродинамічного теплогенератора схемі пастеризації складає 576 грн., за одну зміну це без вартості експлуатаційних і амортизаційних відрахувань та вартості самої установки. Розроблено систему тепlopостачання і ГВП будинку загальною площею $S_{\text{з}} = 104,6 \text{ м}^2$, спроектовано систему опалення і ГВП під будинок котеджного типу та здійснено розрахунок всіх параметрів такої системи згідно характеристик обладнання та розміру будинку.

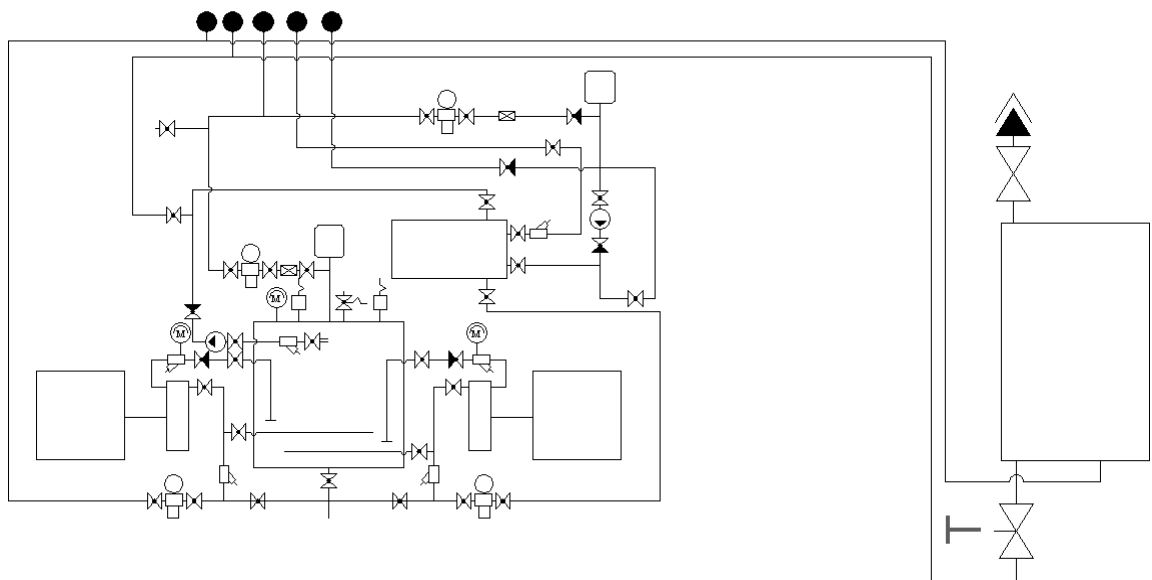


Рисунок 1. Схема теплового пункту для системи опалення та ГВП будинку

Враховуючи параметри будинку і його загальну площу $S_{\text{з}} = 104,6 \text{ м}^2$, розрахункова норма енерговитрат на обігрів цегляних будинків в зимовий період в режимі пікового навантаження (на вулиці – 30 °С, в приміщенні + 18 °С)

становить 1 кВт на 10 м² опалювальної площі, тоді теплова потужність яка потрібна на обігрів будинку буде становити 10,5 кВт.

Корисна ефективність генерування теплової енергії генератором знаходиться в межах 120 – 140 % стосовно спожитої електроенергії. Таким чином, для опалення генераторами, необхідна встановлена потужність електродвигунів генераторів складе 8,8 кВт.

Необхідно також врахувати потреби на ГВП, рівні 20 % встановленої потужності. Використання більшої кількості генераторів меншої потужності, дозволяє створити систему опалення з оптимальним тепловим регулюванням.

Враховуючи всі викладені дані для облаштування системи опалення будинку ми виберемо два теплогенератори марки « ВТГ– 5,5 ДА – ХЛ» з дисковим модулем загальною потужністю 11 кВт, див. рис. 2., характеристика яких представлена в таблиці 1.

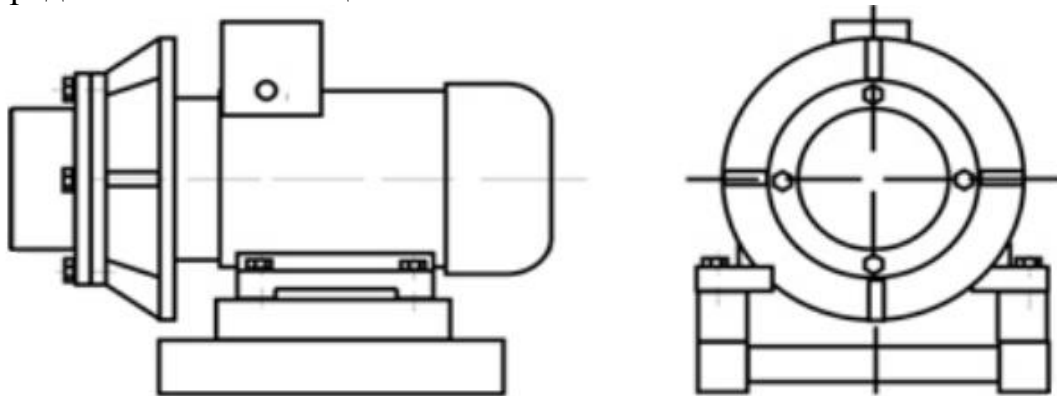


Рисунок 2. Загальний вигляд дискового вихрового генератора марки ВТГ– 5,5 ДА – ХЛ

Таблиця 1.

Основні технічні характеристики гідродинамічних теплогенераторів ВТГ– 5,5 ДА – ХЛ

Параметр	ВТГ– 5,5 ДА – ХЛ
Номінальна потужність двигуна, кВт	5,5
Напруга мережі, В	380
Частота обертів двигуна, об/хв.	2900
Теплова продуктивність, ккал/год.	4730
Опалювальна площа, м ²	100
Середні витрати електроенергії на опалення, кВт/год.	3
Робоча температура, °С	65 - 90
Витрати на гаряче водопостачання, м ³ /год., не менше	0,35
Габаритні розміри, мм	570×290×410
Маса теплогенератора, кг	95
Ціна, грн.	9000

Проведені розрахунки показали, що витрати на опалення протягом року становлять:

- система опалення з використанням котла на твердому паливі 2536 грн.
- система опалення з використанням котла на природному газі 3605 грн.
- система опалення з використанням вихрового теплогенератора 5735 грн., при звичайному тарифі на електроенергію і 2352 грн. при диференційованому тарифі.
- система опалення з використанням котла на зрідженому газі 6224 грн.
- система опалення з використанням котла на мазуті 7549 грн.
- система опалення з використанням електричного котла 10508 грн., при звичайному тарифі на електроенергію і 4314 грн. при диференційованому тарифі.

Отже, за витратами споживачів на паливо (електроенергію) вихрові генератори тепла займають третю позицію, після котлів на вугіллі та природному газі. Однак, вартість тепла для них можна значно здешевити, якщо поставити накопичувачі гарячої води і в нічний час, коли діє дешевий нічний тариф нагрівати воду для потреб в денний час. Для котлів на природному газі такий режим роботи не має економічної доцільності. І в цьому випадку опалення за допомогою вихрових теплогенераторів виявиться дешевшим від газового.

У третьому розділі виконано опис типових програмних засобів використаних у магістерській роботі, а також наведений алгоритм програми для розрахунку корегувального коефіцієнту потужності на мові програмування Microsoft Visual C 2008 Express Edition.

В четвертому розділі наведені техніко-економічні розрахунки, що дають можливість зробити висновок про доцільність застосування для опалення і гарячого водопостачання вихрових генераторів тепла, особливо при використанні диференційованих тарифів. Проведений економічний розрахунок дозволить оцінити економічну доцільність вибору системи опалення і ГВП в якості оптимального проектного рішення.

В п'ятому розділі були розглянуті питання з планування робіт з охорони праці. Представлені заходи з безпеки життєдіяльності та цивільної оборони дозволять забезпечити стійкість роботи об'єктів господарської діяльності в умовах надзвичайних ситуацій.

В шостому розділі розглянуто питання впливу вихрових теплогенераторів на довкілля. Запропоновані заходи з екології та охорони навколишнього середовища дають можливість оцінити вплив роботи вихрових теплогенераторів на довкілля.

ВИСНОВКИ

1. В результаті аналізу основних етапів розвитку і розглянувши основні групи та особливості роботи вихрових генераторів тепла встановлено що, вихрові гідравлічні теплогенератори з моменту свого створення знайшли застосування для автономного опалення і гарячого водопостачання побутових і промислових приміщень. Сьогодні вони ефективно використовуються в місцях де відсутнє централізоване тепlopостачання, в районах де немає постачання природного газу, а також в якості резервної або мобільної системи опалення і гарячого водопостачання на випадок надзвичайних або аварійних ситуацій.

2. При створенні установок для дисипативного нагрівання рідких технологічних середовищ доцільним є застосування схеми роторних гідродинамічних теплогенераторів, під час роботи яких реалізується високоградієнтний тонкоплівочний рух робочих рідин у міжциліндровому зазорі. Застосування саме такої принципової схеми роботи нагрівача, на відміну від інших, дає можливість отримати максимальне значення теплової потужності.

3. Встановлено, що застосування теплогенераторів в харчовій промисловості, зокрема для пастеризації молока дозволяє покращити смакові властивості молочних продуктів завдяки подрібненню (диспергації) кавітаційними струмками високомолекулярних сполук, що присутні в молоці та молочних сумішах, а також значно знизити витрати електроенергії.

4. Розроблено систему тепlopостачання і ГВП будинку котеджного типу з використання вихрових генераторів тепла, та здійснено розрахунок всіх параметрів такої системи тепlopостачання згідно характеристик обладнання та розміру будинку.

5. З допомогою техніко-економічних розрахунків встановлено, що по ефективності гідродинамічні теплогенератори посідають третє місце, після вугільних і газових котлів і виграють у будь-якої системи опалення яка використовує електричну енергію. Крім того, їх ефективність можна підвищити за застосовуючи диференційовані тарифи на електроенергію.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати роботи

Лижник В.О. Ефективність застосування гідродинамічних теплогенераторів тепла в промисловості та житлово-комунальній сфері. // М.М. Зінь, В.О. Лижник // Збірник тез доповідей. Матеріали VIII міжнародної науково - технічної конференції «Актуальні задачі сучасних технологій» (м. Тернопіль, 27 - 28 листопада 2019р.) / М-во освіти і науки України, Тернопільський нац. техн. ун-т ім. І. Пулюя – Т.: ТНТУ, 2019. – Т.3. С. 46.

АНОТАЦІЯ

Лижник В.О. Ефективність застосування гідродинамічних теплогенераторів тепла в промисловості та житлово-комунальній сфері. – **Рукопис.**

Дипломна робота магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Тернопільський національний технічний університету імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2019.

В звичайних умовах вихрові гідравлічні теплогенератори програють системам централізованого теплопостачання по енергетичній ефективності за умови, що останні працюють у номінальному режимі з нормативними втратами тепла в тепломагістралях. Однак в існуючих нині реальних умовах магістральні тепломережі центрального теплопостачання працюють з недовантаженням і з більшими втратами тепла через низьку якість і зношення теплоізоляції.

В цих умовах цілком реальна ситуація, при якій енергетична ефективність використання енергоносія в системах централізованого теплопостачання зрівняється з енергетичною ефективністю системи теплопостачання з вихровими теплогенераторами.

Тому в дипломній роботі були розглянуті питання доцільності впровадження вискоефективних генераторів тепла для промисловості та комунального господарства.

Ключові слова: рідке середовище, технологія, дисипативне нагрівання, ламінарний та турбулентний рух, шорсткість, пульсуючий потік, дисипація механічної енергії, гідродинамічний теплогенератор.

ANNOTATION

Lyzhnyk Vladyslav. Application efficiency of hydrodynamic heat power generators In industry and housing-and-municipal sphere – **Manuscript.**

Diploma paper for a Master's Degree, speciality 141 Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics. – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, 2019.

Under normal conditions, vortex hydraulic heat generators lose to district heating systems in terms of energy efficiency, provided that the latter operate in nominal mode with normative heat losses in thermal pipelines. However, in the current real world conditions, district heating mains operate with underutilization and with greater heat loss due to poor quality and thermal insulation wear.

In these conditions, it is quite a real situation in which the energy efficiency of energy carrier use in district heating systems is compared with the energy efficiency of the heat supply system with vortex heat generators.

Therefore, the thesis considered the feasibility of introducing high-efficiency heat generators for industry and public utilities.

Key words: liquid environment, technology, dissipative heating, laminar and turbulent movement, roughness, pulsating stream, dissipation of mechanical energy, hydrodynamic heat-generator.