

УДК 697.278

ЛИСАК О.В.

Інститут відновлюваної енергетики НАН України

НАТУРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВЕНТИЛЯТОРА В ДИНАМІЧНИХ ТЕПЛОАКУМУЛЮЮЧИХ ЕЛЕКТРОПЕЧАХ

Мета. Провести аналіз даних, отриманих шляхом натурних досліджень для 6 діб опалювального періоду, по тривалості та кількості запусків на добу для вентилятора теплоакumuлюючої електропечі (ТАЕП) динамічного типу та використати їх для оцінки енергоспоживання вентилятора.

Методика. В приміщенні було встановлено ТАЕП динамічного типу. Тепловіддача від приладу здійснювалась через його зовнішні поверхні та шляхом продування повітря за допомогою вентилятора через канали, розташовані в приладі. Запуск вентилятора здійснювався в залежності від показань двох датчиків температури для підтримання заданого значення температури приміщення.

Результати. В результаті проведення натурних досліджень встановлено, що кількість запусків вентилятора для вибраних 6 діб становила від 23 до 40 разів на добу, загальна тривалість роботи вентилятора коливалась в межах 2,59...4,42 год на добу. Отримані результати мають не узагальнюючий характер, а лише вказують на одну з можливих ситуацій при використанні подібних приладів.

Наукова новизна. Результати дослідження демонструють практику застосування динамічних ТАЕП, а саме тривалість роботи та кількість запусків вентилятора, що використовується в подібних приладах. Це дозволяє додатково оцінити технічні аспекти застосування вентиляторів в ТАЕП.

Практична значимість. Наведені дані можуть бути використані в обґрунтуванні використання вентилятора в ТАЕП.

Ключові слова: акумуляційні системи опалення, теплоакumuлюючі електропечі, теплонакопичувач, електричний акумуляційний обігрівач, вентилятор.

Вступ. Сьогодні в Україні значну увагу приділяють енергозбереженню, зокрема й зменшенню витрат енергії в системах опалення. Одним зі шляхів зменшення витрат є використання систем електричного теплоакumuляційного опалення, таких як електричні теплоакumuляційні прилади, відомі під назвами: теплоакumuлюючі електропечі (ТАЕП) та теплонакопичувачі [1]. Принцип дії приладів наступний: теплоакumuлюючий матеріал нагрівається електричними нагрівачами в час дії дешевого тарифу на електроенергію (цей процес має назву «зарядка»), а накопичена теплота використовується для забезпечення теплового режиму приміщення протягом доби.

Сьогодні використовуються переважно два типи ТАЕП: статичні та динамічні. В цій роботі розглянуто динамічну модель, що використовує вентилятор для прокачування повітря через теплоакumuлюючий матеріал, завдяки чому забезпечується значний діапазон регулювання тепловіддачі [2]. Саме тому динамічні ТАЕП рекомендують встановлювати за значних коливань температури протягом опалювального періоду, на відміну від статичних, які рекомендують встановлювати за незначних коливань та навантажень, а також в якості допоміжних систем опалення [3].

В деяких методиках, як, наприклад, в [4], при розрахунку економічного ефекту від впровадження ТАЕП прийнято, що обидва типи приладів забезпечують однаковий тепловий

потік та споживають однакову кількість теплової енергії за умови опалення одного й того самого приміщення. Подібний підхід є наближеним і вимагає уточнення, оскільки внаслідок розвитку систем автоматизації та відмінностей діапазону регулювання тепловіддачі приладів, якість підтримання теплового режиму приміщення може помітно відрізнитись [5]. Вибір приладу позначається й на параметрах, що визначають тепловтрати приміщення: наприклад, на градієнті температур по висоті. Також електроенергію споживають й системи автоматики та регулювання роботи приладу.

У випадку динамічного ТАЕП потрібно враховувати споживання електроенергії вентилятором. Виробники приладів та постачальники продукції, як правило, вказують на те, що кількість спожитої енергії є незначною. На практиці, не завжди можна отримати точні дані по кількості електроенергії спожитої вентилятором за опалювальний період, як і дані про необхідну потужність вентилятора та супутнього йому обладнання.

Визначити загальний час роботи, кількість запусків та кількість електроенергії спожитої вентилятором конструкції динамічного ТАЕП протягом доби, отриманих з натурального дослідження для 6 днів опалювального періоду та використати їх для аналізу енергоспоживання вентилятора.

Постановка задачі. Визначення тривалості та споживання електроенергії вентилятором було отримано для 6 днів в натурних умовах в одному з приміщень промислової будівлі, яке опалювалось за допомогою динамічного ТАЕП.

Тип вентилятора та режими його роботи. У встановленому приладі використано відцентровий (радіальний) вентилятор з лопатками, загнутими вперед. Подібне рішення дозволяє зменшити діаметр робочого колеса, й відповідно – розміри самого вентилятора. Це забезпечує компактність приладу [6].

Вентилятор працював за двопозиційного режиму: увімкнутий та вимкнутий. Запуск вентилятора залежав від показань двох датчиків температури, завдяки чому температура приміщення підтримувалась на заданому рівні. Графічний приклад кількості запусків вентилятору протягом певного проміжку часу надано на рис. 1.

Зв'язок режиму зарядки приладу з потребою в застосуванні вентилятору. Зарядка складалась з двох періодів: основного, що тривав з 23:00 до 06:00 години та відповідав часу дії дешевого тарифу на електроенергію для промислового підприємства за тризонного тарифу сплати (згідно постанови НКРЕ від 20.12.2001 № 1241 зі змінами та доповненнями), та додаткового нагріву приладу з 13:00 до 16:00, прийнятого для забезпечення більшої надійності роботи системи. Під час дослідів спостерігалась ситуація, за якої в певні години зарядки тепловий потік від приладу забезпечувався протягом порівняно тривалого часу лише за рахунок тепловіддачі від його зовнішніх поверхонь (на рис.1 період між першою та четвертою годиною ночі, який припадав на «зарядку» ТАЕП.).



Рис 1. Кількість запусків та тривалість роботи вентилятора динамічного ТАЕП протягом приблизно 22 год

Вимірювання кількості періодів та тривалості роботи вентилятору. Кількість запусків вентилятора та тривалість його роботи протягом доби $\tau_{\text{вент}}$, год, представлені в табл. 1.

Спожиту вентилятором протягом доби потужність $N_{\text{вент}}^{\text{д}}$, кВт·год, визначимо як:

$$N_{\text{вент}}^{\text{д}} = \tau_{\text{вент}} \cdot N_{\text{вент}}^{\text{ном}}, \quad (1)$$

де $N_{\text{вент}}^{\text{ном}}$ – номінальна потужність вентилятора та супутнього йому обладнання, Вт.

В подальшому при посиланні на $N_{\text{вент}}^{\text{ном}}$ обмежимося лише згадкою про вентилятор. За досліджуваних умов $N_{\text{вент}}^{\text{ном}} = 57$ Вт. Похибка при визначенні потужності вентилятора складала $\pm 1\%$ за використання приладу КМС-Ф1 [7].

Визначимо співвідношення параметру $N_{\text{вент}}^{\text{д}}$ до максимально можливої потужності, спожитої електричними нагрівачами протягом доби, $Q_{\text{ТАЕП}}^{\text{max}}$, кВт·год, як ϕ , %:

$$\phi = \left(N_{\text{вент}}^{\text{д}} / Q_{\text{ТАЕП}}^{\text{max}} \right) \cdot 100\%, \quad (2)$$

де $Q_{\text{ТАЕП}}^{\text{max}}$ визначається як:

$$Q_{\text{ТАЕП}}^{\text{max}} = n_{\text{зар}} \cdot Q_{\text{ТАЕП}}^{\text{ел}}, \quad (3)$$

де $n_{\text{зар}}$ – тривалість нагріву теплоакumuлюючого матеріалу приладу, год;

$Q_{\text{ТАЕП}}^{\text{ел}}$ – встановлена потужність електричних нагрівачів, кВт.

Прилад був розроблений для умов $n_{\text{зар}} = 8$ год, що відповідає часу дії дешевого тарифу електроенергії для населення за тризонного тарифу (згідно постанови НКРЕ від 23.04.2012 № 498 зі змінами та доповненнями), та $Q_{\text{ТАЕП}}^{\text{ел}} = 2,7$ кВт і при встановленні в приміщенні отримав певне переулаштування, але зі збереженням ключових характеристик. Таким чином для даного приладу:

$$Q_{\text{ТАЕП}}^{\text{max}} = 8 \cdot 2,7 = 21,6 \text{ кВт}.$$

Отримані значення $N_{\text{вент}}^{\text{д}}$ та ϕ надані в табл. 1.

Таблиця 1.

Кількість запусків на добу та споживання електроенергії вентилятором

Доба	Кількість запусків	$\tau_{\text{вент}}$, год	$N_{\text{вент}}^{\text{д}}$, кВт·год	ϕ , %
1	23	2,59	0,148	0,68
2	40	4,42	0,252	1,17
3	34	3,92	0,223	1,03
4	35	4,25	0,242	1,12
5	33	3,75	0,214	0,99
6	32	4,14	0,236	1,09

Аналіз результатів. В табл. 1 показано, що значення ϕ є невеликими: тобто споживання електроенергії вентилятором протягом доби є досить незначним в порівнянні з максимальним споживанням електроенергії електричними нагрівачами ТАЕП.

Номінальна потужність електричних нагрівачів може помітно перевищувати задану розрахункову потужність, необхідну для підтримання теплового режиму приміщення, оскільки може виникнути ситуація, за якої відсутній оптимальний по тепловій потужності

типорозмір приладу. Таким чином, більш точне значення ϕ можна отримати, якщо використати фактичну теплову потужність електричних нагрівачів, а не номінальну. За такого підходу ϕ буде вищим, оскільки значення теплової потужності електричних нагрівачів буде меншим, але в розрахунках цієї роботи прийнято спрощення, за якого фактична і номінальна потужність співпадають.

Потрібно відмітити й суттєву розбіжність між кількістю запусків вентилятору та $\tau_{\text{вент}}$ в різні дні – відповідно різними були значення $N_{\text{вент}}^{\text{д}}$ та ϕ . Так, найбільше значення в табл. 1 ϕ перевищує найменше на 70%. Для подальших розрахунків використаємо середньоарифметичне значення $\phi_{\text{ср}}^{\text{д}} = 1,01\%$.

Визначимо відношення кількості електроенергії спожитої протягом опалювального періоду вентилятором до кількості електроенергії спожитої протягом опалювального періоду електричними нагрівачами $\xi_{\text{ср}}^{\text{оп}}$, %. Кількість теплової енергії, виробленої електричними нагрівачами впродовж опалювального періоду $Q_{\text{річн}}^{\text{тепл}}$, кВт·год, визначимо згідно рекомендацій [8]:

$$Q_{\text{річн}}^{\text{тепл}} = Q_{\text{ТАЕП}}^{\text{max}} \frac{t_{\text{вн}}^{\text{ср}} - t_{\text{оп}}^{\text{ср}}}{t_{\text{пр}} - t_{\text{оп}}^{\text{розр}}} \cdot n, \quad (4)$$

де $t_{\text{вн}}^{\text{ср}}$ – середнє значення температури приміщення протягом опалювального періоду, °С;

$t_{\text{оп}}^{\text{ср}}$ – середнє значення температури зовнішнього повітря протягом опалювального періоду, °С.

$t_{\text{пр}}$ – розрахункове значення температури приміщення для підбору системи опалення, °С.

$t_{\text{оп}}^{\text{розр}}$ – розрахункове значення температури зовнішнього повітря для підбору системи опалення, °С;

n – тривалість опалювального періоду, год.

Приймаємо, що середньодобове споживання електроенергії вентилятором на протязі опалювального періоду залишається постійним – значення $\phi_{\text{ср}}^{\text{д}}$ в середньому буде відповідати отриманому – і тому кількість електроенергії, спожитої вентилятором протягом опалювального періоду, $N_{\text{річн}}^{\text{вент}}$, кВт·год, записуємо як:

$$N_{\text{річн}}^{\text{вент}} = \left(\frac{\phi_{\text{ср}}^{\text{д}}}{100\%} \right) \cdot Q_{\text{ТАЕП}}^{\text{max}} \cdot n. \quad (5)$$

В результаті знаходимо значення $\xi_{\text{ср}}^{\text{оп}}$ через співвідношення формул (4) та (5):

$$\xi_{\text{ср}}^{\text{оп}} = \left(\frac{N_{\text{річн}}^{\text{вент}}}{Q_{\text{річн}}^{\text{тепл}}} \right) \cdot 100\% = \phi_{\text{ср}}^{\text{д}} \frac{t_{\text{пр}} - t_{\text{оп}}^{\text{розр}}}{t_{\text{вн}}^{\text{ср}} - t_{\text{оп}}^{\text{ср}}}. \quad (6)$$

Потрібно додати, що за відповідного типу ТАЕП користувач може запрограмувати прилад знижувати задане значення температури приміщення в певні години (наприклад, за відсутності людей у приміщенні), і, як наслідок, середнє значення температури приміщення протягом опалювального періоду буде нижчим, ніж розрахункове значення температури

приміщення для підбору заданого обладнання. Визначення середньої температури залежить від заданого характеру її зміни в приміщенні.

Наведемо приклад розрахунку для умов $t_{\text{нр}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{\text{вн}}^{\text{сп}} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{\text{он}}^{\text{розр}} = -22 \text{ }^\circ\text{C}$ та $t_{\text{он}}^{\text{сп}} = -1,1 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$\xi_{\text{сп}}^{\text{оп}} = 1,01 \cdot \frac{20 - (-22)}{18 - (-1,1)} = 2,22\% .$$

Висновки:

1. Проведені дослідження продемонстрували, що вентилятор використовується порівняно незначну кількість часу протягом доби та споживає незначну кількість електроенергії в порівнянні з електричними нагрівачами. Таким чином, хоча поліпшення систем регулювання подібних приладів призводить до збільшення потреб в електроенергії, додаткове споживання електроенергії вентилятором не є відчутним. Більш того, можливий економічний зиск від кращого регулювання тепловіддачі (зменшення вірогідності перегріву приміщення одночасно з можливістю оперативно знижувати температуру приміщення за потреби) від приладу може переважити витрати електроенергії вентилятором. Разом з тим, застосування вентилятора підвищує вартість конструкції і тому наведені розрахунки можливо використати для більш точного визначення терміну окупності динамічних ТАЕП, а також необхідних параметрів надійності та часу безперебійної експлуатації при виборі вентилятора та супутнього обладнання автоматизації ТАЕП.

2. В подальших дослідженнях необхідно визначити фактори, які в найбільшій мірі впливають на кількість запусків і тривалість роботи вентилятора та уточнити параметри роботи вентилятора протягом більш тривалого періоду.

3. Наступним завданням, тісно пов'язаним з вивченням роботи систем місцевого опалення обладнаних вентилятором, є порівняння динамічних та статичних ТАЕП по тривалості часу, необхідного приладам цих типів для розігріву приміщення до заданої температури. Така задача є актуальною тому, що за відсутності людей в приміщенні прилади повинні знижувати температуру в ньому. Підвищення значення температури приміщення до комфортного перед появою людей в приміщенні триватиме певний час і тому варто визначити, наскільки буде відрізнятися час розігріву приміщення динамічним та статичним ТАЕП з огляду на цю обставину.

Список використаних джерел

1. Малкін, Е. С. Теплоакмулюючі електропечі. Термінологія і класифікація [Текст] / Е. С. Малкін, О. В. Лисак // Промислова електроенергетика та електротехніка (Промелектро). – 2014. – № 3. – С. 69–74. – ISSN 2409-2924.

2. Oughton D. R. Faber & Kell's Heating and Air-Conditioning of Buildings [Text] // D. R. Oughton, S. L. Hodkinson. – 10th edition. – Amsterdam ; London : Butterworth-Heinemann, 2008. – XIX, 786 p. – ISBN 978-0-75-068365-4.

3. ООО «Тагил-Технотерм» : Технические характеристики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tagilt.ru/opisanie-raboty/texnicheskie-xarakteristiki.html>. – Назва з екрану. – 25.05.2016 р.

4. Клён, А. Н. Эффективность применения теплонакопителей в частных домовладениях Украины [Текст] / А. Н. Клён // Технологический аудит и резервы производства. – 2015. – № 6/1 (26). – С. 46-49. – ISSN 2226-3780. – doi: 10.15587/2312-8372.2015.56645.

5. Лысак, Олег. Выбор теплоаккумулирующих электропечей при внедрении в Украине [Текст] / Олег Лысак, Эдуард Малкин // Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym. – Częstochowa (Poland) : Politechnika Częstochowska, 2015. – № 1 – С. 117–125. – ISSN 2299-8535.

6. Поляков, В. В. Насосы и вентиляторы : учеб. для вузов [Текст] / В. В. Поляков, Л. С. Скворцов. – М. : Стройиздат, 1990. – 336 с. – ISBN 5-274-01021-0.

7. OWEN: Контроллер-монитор сети КМС-Ф1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.owen.ru/catalog/kontroller_monitor_seti_kms_f1/opisanie. – Назва з екрану. – 25.05.2016 р.

8. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению "Теплоэнергетика" [Текст] / Е. Я. Соколов. – 7. изд., стер. – М. : Изд-во МЭИ, 2001. – 472 с. – ISBN 5-7046-0703-9.

НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕНТИЛЯТОРА В ДИНАМИЧЕСКИХ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОПЕЧАХ ЛЫСАК О.В.

Институт возобновляемой энергетики НАН Украины

Цель. Провести анализ данных, полученных путём натуральных исследований для 6 суток отопительного периода, по продолжительности и количеству запусков в сутки для вентилятора теплоаккумулирующей электропечи (ТАЭП) динамического типа и использовать их для оценки энергопотребления вентилятора.

Методика. В помещении был установлен ТАЭП динамического типа. Теплоотдача от прибора осуществлялась через внешние поверхности и продувку воздуха с помощью вентилятора через каналы, расположенные в приборе. Запуск вентилятора осуществлялся в зависимости от показаний двух датчиков температуры для поддержаний заданного значения температуры помещения.

Результаты. В результате проведения натуральных исследований установлено, что количество запусков вентилятора для выбранных 6 суток составляло от 23 до 40 раз в сутки, общая продолжительность работы вентилятора колебалась от 2,59...4,42 ч в сутки. Полученные результаты не обладают обобщающим характером, а лишь демонстрируют один из возможных случаев использования подобных приборов.

Научная новизна. Результаты исследования демонстрируют практику применения динамических ТАЭП, а именно продолжительность работы и количество запусков вентилятора, используемого в подобных приборах. Это позволяет дополнительно оценить технические аспекты применения вентиляторов в ТАЭП.

Практическая значимость. Приведённые данные могут быть использованы для обоснования применения вентилятора в ТАЭП.

Ключевые слова: аккумуляционные системы отопления, теплоаккумулирующие электропечи, теплонакопители, электрический аккумуляционный обогреватель, вентилятор.

FIELD INVESTIGATIONS OF THE OPERATION TIME OF A FAN USED IN A DYNAMIC STORAGE HEATER

LYSAK O.

Institute of Renewable Energy at National Academy of Sciences of Ukraine

Purpose. The paper analyzes the data obtained by the field research for 6 days of the heating season. The data shows the operation time of a fan used in a dynamic storage heater and how many times the fan is turned on per day and the obtained information is used for the evaluation of the fan power consumption.

Methodology. The dynamic storage heater is placed in the room. There is the heat transfer from the device outer surfaces and from its airways. The fan is used to blow air through airways. Two temperature sensors control the fan operation in order to keep the room temperature in the allowable range.

Findings. The field research shows the data of the fan operation time for 6 days. It was found that the fan was turned on from 23 to 40 times per day and the operation time varied from 2.59...4.42 hours per day. The shown data demonstrates only a special case, not a general case.

Originality. The result of the field research shows how dynamic storage heaters function. The data of the operation time and the number of times when a fan is turned on give some additional evaluation of the technical aspects of the use of fan assisted storage heaters.

Practical value. These data can be used as a justification for using a fan assisted storage heater.

Keywords: *storage heating, electric storage heating, storage heaters, fan.*