

УДК 697.7

Д. В. Рожелюк, В. І. Дешко, М. Кордюков

НТУУ «КПІ», ІЕЕ, Київ, Україна

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ ПРИ ОПАЛЮВАННІ
АДМІНІСТРАТИВНИХ ПРИМІЩЕНЬ**

Анотація – Проведено моніторинг споживання електроенергії тепловим насосом, зміну теплового режиму приміщення та навколишнього середовища та встановлено залежність між цими показниками. Розраховано теплове навантаження об'єкту дослідження. Наведено експериментальні, заводські дані по роботі теплового насосу. Розраховано реальні дані роботи теплового насосу та проведено їх аналіз. Наведено висновки по роботі теплового насосу.

Аннотація – Проведен мониторинг потребления электроэнергии тепловым насосом, изменение теплового режима помещения и окружающей среды, также установлена зависимость между этими показателями. Просчитано тепловая нагрузка объекта изучения. Приведены экспериментальные, заводские данные по работе теплового насоса. Посчитано реальные показатели работы теплового насоса и приведен их анализ. Приведены итоги по работе теплового насоса

Annotation – Made a monitoring of electricity consumption of a heat pump, changing facilities and thermal conditions of the environment and set the dependence between these parameters. Calculated heat load of research object. Showed an experimental, factory data of heat pump. Calculated real work indexes of heat pump and their analysis. Also was given an opinion on the work of the heat pump

Вступ

Проблема забезпечення потреби в паливно-енергетичних ресурсах включає комплекс завдань із пошуку і розроблення альтернативних джерел енергії і впровадження раціональних способів зниження їх втрат.

Одним з ефективних способів економії паливних ресурсів, а також захисту навколишнього середовища є широке впровадження тепло насосних установок, в яких низько потенціальні теплові потоки перетворюються в потоки з вищим температурним рівнем.

Тепловим насосом називається технічна система, що реалізовує підвищуючи трансформацію низькопотенціального теплового потоку.

Теплові насоси є теплогенеруючими пристроями і не виробляють енергію у формі тепла. Навпаки, здійснюваний у теплових насосах тепло перенос можливий лише з втратою енергії, форма якої залежить від принципу, покладеного в основу їх функціонування.

Основні сфери застосування теплових насосів: системи горячого водопостачання, опалювання, цілорічного кондиціонування повітря, а також ряд промислових технологій

Постановка задачі

Розглядається приміщення житлового будинку №1 в 6-му мікрорайоні житлового масиву Осокорки-Північні в Дарницькому районі м. Києва, на 19 поверсі, загальною площею у 300 м² у 2009 році.

На об'єкті встановлено систему теплового насосу фірми Mitsubishi Electric – PUNZ RP100

За даними енергоспоживання, температурним режимами: приміщення, навколишнього середовища та тепло-насосної установки, за якими вівся постійний облік, а також виходячи з експериментальних та паспортних даних по роботі встановленого теплового насосу, визначимо реальну ефективність її роботи. Зроблено висновки по ефективності роботи теплового насосу.

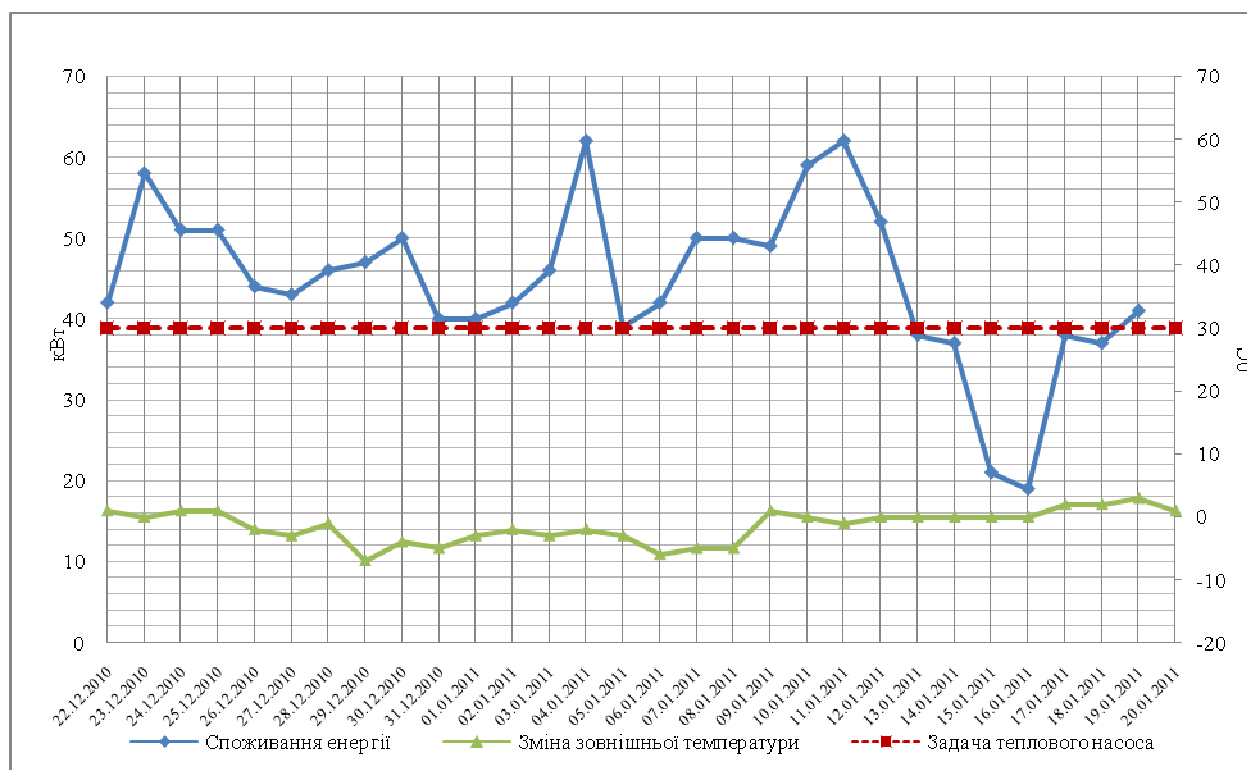


Рисунок 1. Зміна сподівання електроенергії ТНУ в залежності від задачі ТНУ та температури навколишнього середовища за грудень - січень

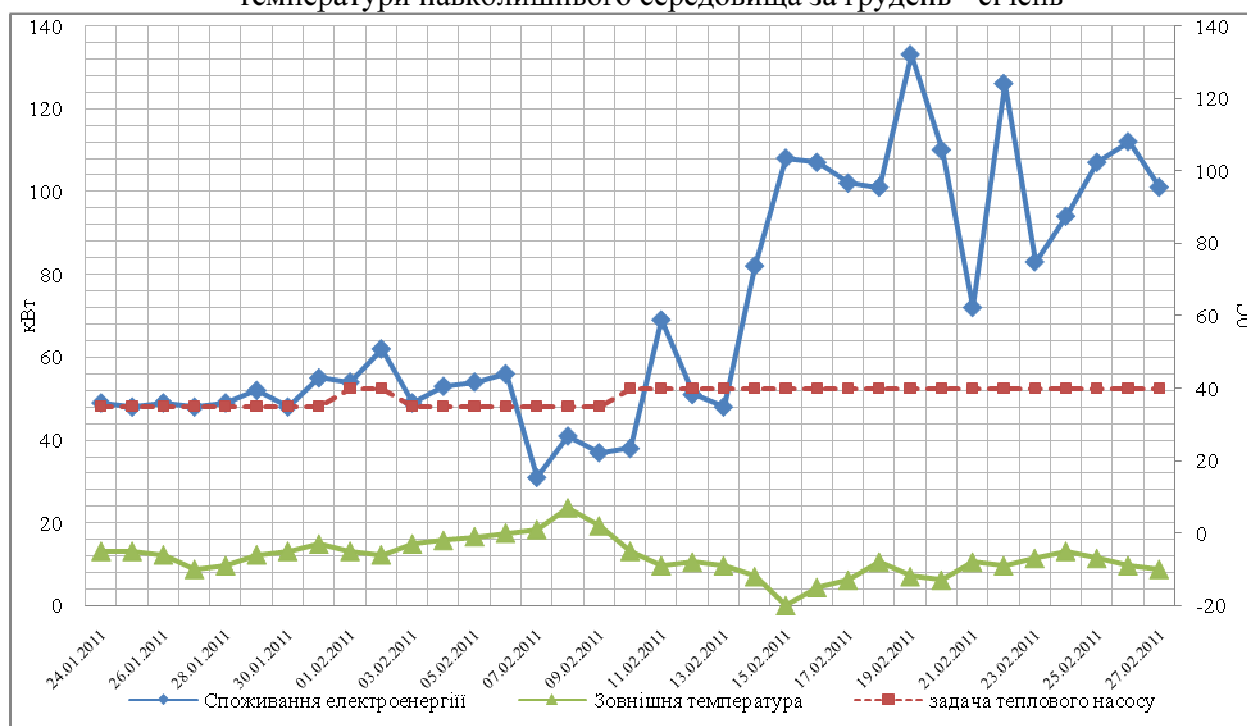


Рисунок 2. Зміна сподівання електроенергії ТНУ в залежності від задачі ТНУ та температури навколишнього середовища за січень - лютий

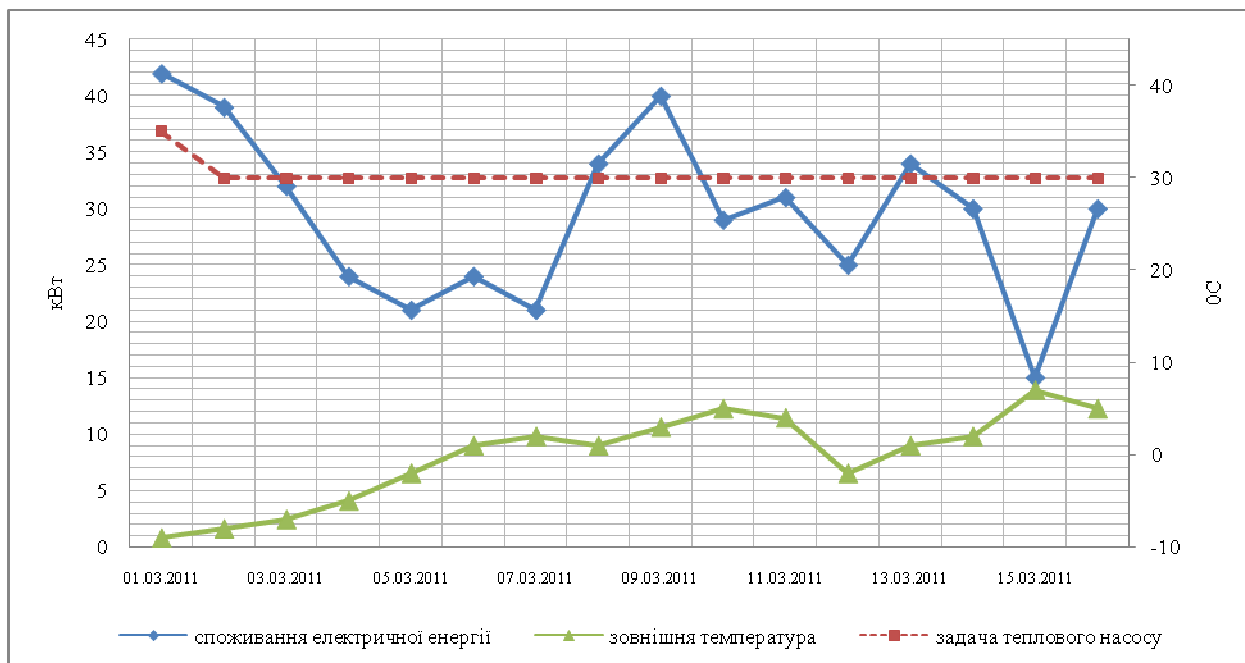


Рисунок 3. Зміна сподивання електроенергії ТНУ в залежності від задачі ТНУ та температури навколишнього середовища за березень
Температура офісу підтримується на санітарно – допустимому рівні 21 °С.

Проведемо розрахунок теплових втрат через огорожуючі конструкції офісу.

Розрахункова теплова потужність обчислюється за наступною формулою (1):

$$Q = Q_{отр} + Q_{вент} - Q_{ср.} - Q_{л} \text{ [Вт]} \quad (1)$$

Де:

- $Q_{отр}$ – теплові втрати через огорожуючі конструкції, Вт;
- $Q_{вент}$ – теплові втрати з вентиляційним повітрям, Вт;
- $Q_{ср.}$ – теплові надходження за рахунок сонячної радіації, Вт;
- $Q_{л}$ – теплові надходження від людей, Вт.

Теплові втрати через огорожувальні конструкції визначаються за формулою:

$$Q_{отр} = \sum_{i=1}^n K_i \cdot F_i \cdot \Delta t \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n \text{ [Вт]} \quad (2)$$

Де,

- K_i – коефіцієнт теплопередачі огорожуючої конструкції, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$;
- F_i – площа огорожуючої конструкції, м^2 ;
- Δt – різниця внутрішньої та зовнішньої температур;
- β – додаткові втрати теплоти в долях від основних;
- n – коефіцієнт, який враховує зменшення розрахункової різниці температур;

Розрахунок коефіцієнту теплопередачі.

Для того, щоб підрахувати коефіцієнт теплопередачі огорожувальної конструкції необхідно знати їх склад, та товщину. Отже, за даними наданими ЗАТ «Київспецмонтаж» стіни приміщень складаються:

Опір кожного з шару огорожуючої конструкції визначається за наступною формулою:

$$R_{ст} = \frac{\delta}{\lambda} \left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right]; \quad (3)$$

- δ – товщина шару, м;
- λ – питомий опір теплопередачі, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$;
- Загальний опір зовнішньої стіни визначається за наступною формулою:

$$R_{\text{заг}} = \frac{1}{\alpha_z} + \sum_{i=1}^n R_{\text{от } i} + \frac{1}{\alpha_z} \left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right]; \quad (4)$$

- Де, α_z, α_z – зовнішній та внутрішній коефіцієнт тепловіддачі $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right]$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{R_{\text{заг}}} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right] \quad (5)$$

При обстеження офісу, було встановлено, що в приміщенні відсутня система вентиляції, і тому розрахунок теплових втрат на нагрів вентиляційного повітря будемо проводити наступним чином.

$$Q_{\text{венти}} = V \cdot n \cdot q \cdot (t_z - t_2), [\text{Вт}] \quad (6)$$

Де

- V – це об'єм приміщення, м³;
- n- кратність повітрообміну;
- q – наближені питомі втрати тепла з 1 м³ при зміні температури на 1°C, Вт.
- Для розрахунку теплових надходжень через світло-прозорі (2) конструкції скористаємось наступною формулою:

$$Q_{\text{світ}} = (q_n \cdot K_1 + q_p \cdot K_2) \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot A_{\text{от}}, [\text{Вт}] \quad (7)$$

- де,

- q_n і q_p , поверхнева густина теплового потоку, $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right]$;
- $K_1 = K_{\text{нз}} \cdot K_{\text{вз}}$, коефіцієнти опроміненості прямою сонячною радіацією для обліку площі світлового отвору, незатіненої горизонтальної $K_{\text{нз}}$ і вертикальної $K_{\text{вз}}$ плоскістю в будівельного виконання;

- $A_{\text{от}}$, сонцезахисний азимут освітлення світлового отвору;
- K_2 , коефіцієнти опроміненості для обліку надходжень розсіяної сонячної радіації через світлові отвори;
- K_3 коефіцієнти теплопропускання сонцезахисних пристроїв;
- K_4 – коефіцієнт тепло пропускання склінням світлових;
- $A_{\text{от}}$ – площа світлового отвору, м²;

Розрахуємо теплові надходження від людей, скористаємось формулою:

$$Q_{\text{л}} = N \cdot k \cdot P_{\text{нзм}} \quad (8)$$

де,

- N - кількість людей працюючих в офісі;
- k - коефіцієнт завантаження;
- $P_{\text{нзм}}$ - сумарна потужність теплових надходжень.

Розрахункові значення теплових втрат та надходжень

Таблиця 1

Наружная температура, °C	-24,00	-22,00	-20,00	-15,00	-7,00	-5,00	0,00	2,00	7,00	10,00	15,00
Сумарні втрати тепла через огорожуючі конструкції, Вт	12009,56	11475,80	11450,98	9586,87	6242,61	3774,60	1843,41	814,53	265,20	67,84	9,47
Теплові надходження від людей, Вт	648,00	648,00	648,00	648,00	648,00	648,00	648,00	648,00	648,00	648,00	648,00
Теплові надходження через прозорі конструкції, Вт	1381,69	1381,69	1381,69	1381,69	1381,69	1381,69	1381,69	1381,69	1381,69	1381,69	1381,69
Втрати тепла з вентиляцією, Вт	3252,83	3108,26	2963,69	2602,26	2023,98	1879,41	1517,99	1373,42	1011,99	795,14	433,71
Теплова навантаження, Вт	13232,70	12554,37	12384,98	10159,44	6236,90	3624,33	1331,71	158,26	0,00	0,00	0,00
Теплове навантаження, кВт	13,23	12,55	12,38	10,16	6,24	3,62	1,33	0,16	0,00	0,00	0,00

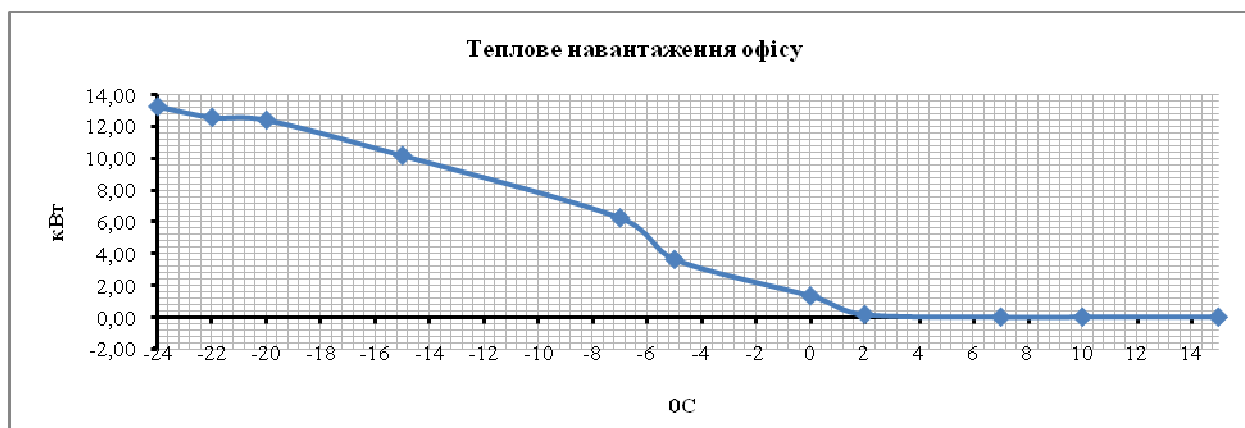


Рисунок 4 Теплове навантаження офісу

З заводу виробника Mitsubishi для водяних систем серії Power Inverter надано такі експериментальні дані по відношенню для теплового насосу марки PUNZ Rp 100 (табл.. 2);
Експериментальні дані

Таблиця 2

Зовнішня температура, С°	-15			-7			2			7		
	35	45	55	35	45	55	35	45	55	35	45	55
Температура теплоносія, С°	35	45	55	35	45	55	35	45	55	35	45	55
Теплова продуктивність, кВт	5,8	5,4		8,3	7,5		10,5	10		11,2	11,2	11,2
COP	1,72	1,29		2,4	1,83		2,9	2,17		4,31	3,2	2,38
Споживча потужність, кВт	3,38	4,2		3,46	4,1		3,62	4		2,6	3,5	4,7

Проведемо розрахунок основних характеристик теплового насосу (3), та занесемо їх до таблиці 3:

Таблиця 3

Температура навколишнього середовища, °C	Позначення	-15	-7	2	7
Фактичне теплове навантаження	Q	10,159	6,237	0,158	0,000
Теплопродуктивність теплового насосу (при загрузці 100%)	Q _н	5,800	8,300	10,500	11,200
Коефіцієнт корекції	k	1,000	0,751	0,300	0,300
Робоча теплопродуктивність теплового насосу	Q _р	5,800	6,237	3,150	3,360
Необхідний додатковий підігрів	Q _{доп}	4,359	0,000	0,000	0,000
Фактичне споживання електроенергії	W	4,458	3,958	1,556	1,250
Паспортне споживання електроенергії (при загрузці 100%)	W _{100%}	3,380	3,460	3,620	2,600
COP фактичне	COP	1,301	1,576	2,025	2,688
COP паспортне (при загрузці 100%)	COP _{100%}	1,720	2,400	2,900	4,310

- Q - фактичне теплове навантаження приміщення при відповідних температурах, кВт;
Q_н - теплопродуктивність теплового насосу, визначена експериментально;
- k - коефіцієнт корекції. Даний коефіцієнт визначається за формулою

$$k = \frac{Q}{Q_n} \quad (9)$$

Так як, даний тепловий насос регулюється за температурою робочого тіла на виході з теплообмінника, тому він не може виробляти більше тепла, чим потрібно даному об'єкту для опалення. За даними Mitsubishi Electric, дана установка регулюється в межах від 100% до

30% від своїх номінальних значень. При потребі теплового насосу знизити свою теплопродуктивність менше, ніж на 30%, дана установка або відключається автоматично, або працює в примусовому режимі;

- Q_p - робоча теплопродуктивність теплового насосу визначається шляхом перемноження коефіцієнту корекції на теплопродуктивність теплового насосу при 100% загрузці, визначено заводом виробником при відповідних умовах, кВт;

W – фактичне споживання електроенергії заміряне лічильником на об'єкті дослідження;

- $W_{100\%}$ - паспортне споживання електроенергії тепловим насосом визначене заводом виробником при загрузці на 100% при відповідних умовах, кВт;

- COP – фактичний коефіцієнт теплопродуктивності теплового насосу, визначається за формулою:

$$COP = \frac{Q_p}{W} \quad (10)$$

- $COP_{100\%}$ - паспортний коефіцієнт теплопродуктивності теплового насосу наданого заводом виробником;

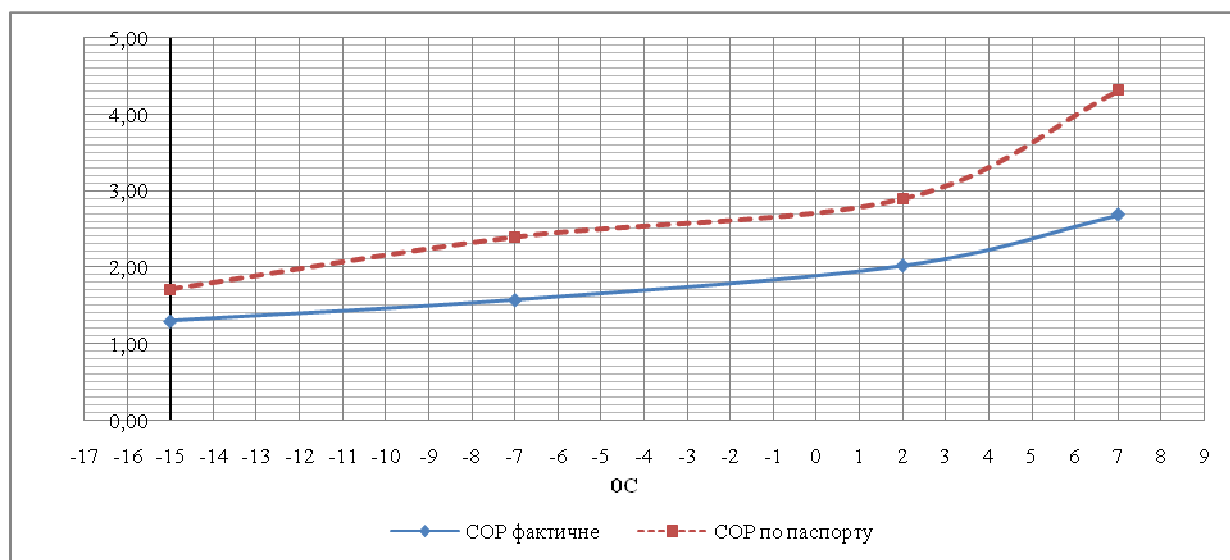


Рисунок 5. Співставлення заводського та реального COP

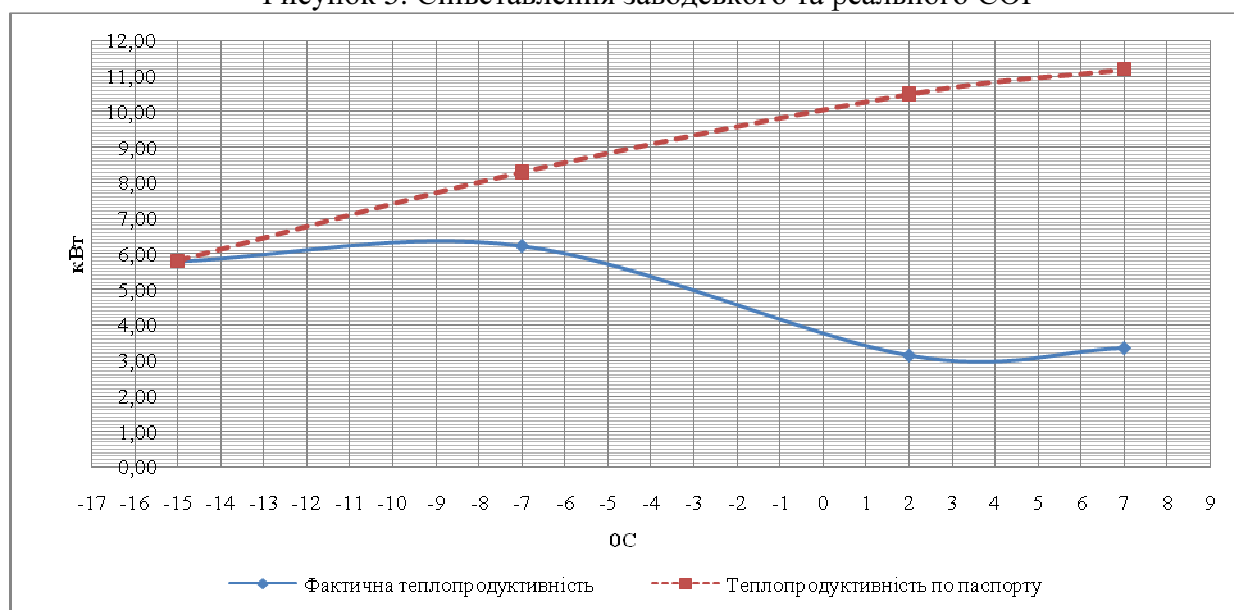


Рисунок 6. Співставлення реального та заводської теплопродуктивності

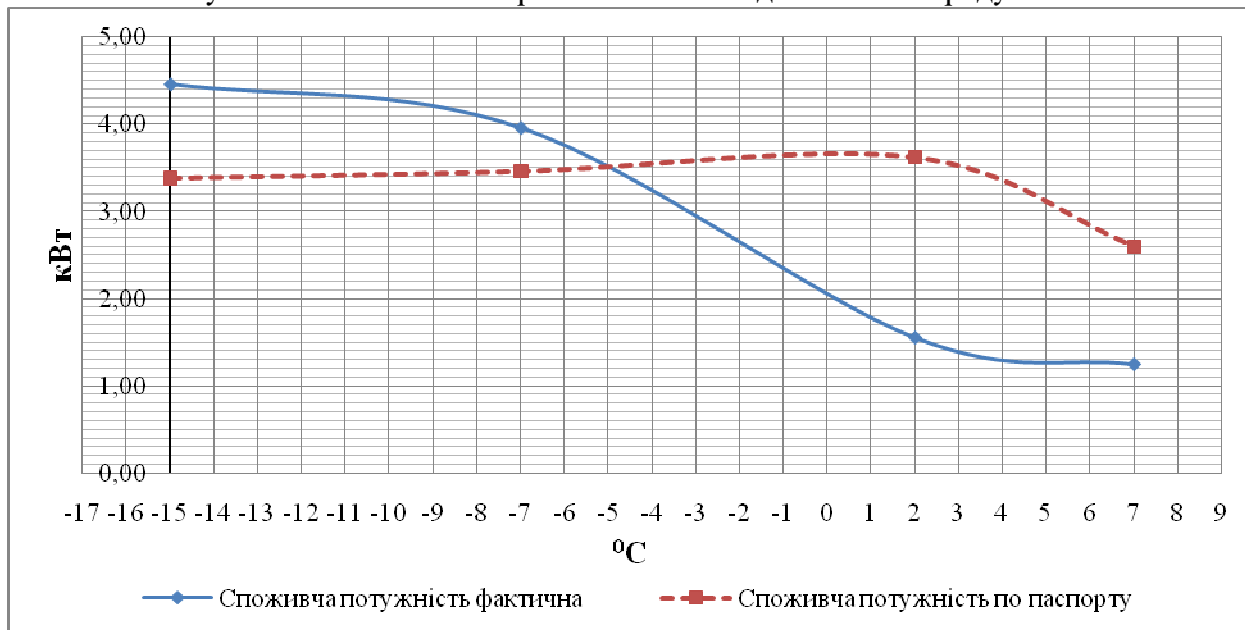


Рисунок 7. Співставлення заводського та реального споживання енергії

Висновок

Проаналізувавши графіки фактичних та розрахованих даних, щодо основних технічних характеристик роботи теплового насоса, можна переконатися, що як завжди, заводські значення є завищеними в порівнянні з реальними показниками на 30%. Це спричинене умовами в яких працює опалювальне обладнання та режимами його керування. Потрібно також зауважити, що заводські параметри вимірювались при рейтинговій частоті, тобто при загрузці ТНУ на 100%.

Як було зазначене вище, основною пропозицією для підвищення ефективності роботи ТНУ є керування, в першу чергу, температурним режимом приміщення коли в ньому нікого немає, тобто змінювати основні технічні характеристики ТНУ, що в свою чергу призведе до зменшення споживання електроенергії, а отже, збільшення своєї енергоефективності.

Список літератури

1. Внутренние санитарно-технические устройства В 60 В 3ч. Ч.I. Отопление/ В.Н. Богословский, Б.А. Крупнов, А.Н. Сканава и др; Под ред.. И.Г. Староверова и Ю. И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп.-М.: Стройиздат, 1990.-344 с.: ил.- (справочник проектировщика);
2. ПОСОБИЕ 2.91 к СНиП 2.04.05-91;
3. «Методика розрахунку тепло насосних установок» М. Кордюков (Mitsubishi Electric);