

Незважаючи на наявність позитивних результатів, широке клінічне застосування методу обмежене з декількох причин:

- відсутні методики планування процедури, які б дозволили домогтися гарантованого ураження всього її об'єму;
- необхідність виконання спеціальних санітарно-гігієнічних вимог;
- практична складність перестроювання довжини хвилі;
- висока вартість лазерів та ін.

Висновки. Результати аналітичного огляду свідчать, що на сьогодні універсального способу для ефективного прогрівання живих тканин не існує. Виходячи з цього, доцільніше варто вважати спеціалізацію гіпертермічного обладнання, під час розроблення якого потрібно враховувати можливості кожного методу, який використовується. Іншою проблемою є необхідність в ефективних безконтактних засобах моніторингу температур у тканинах. Її вирішення дасть змогу проводити необхідний контроль режимів нагрівання для забезпечення найбільшого ураження патологічних областей та найменшого впливу на оточуючі їх здорові тканини.

Література

1. Онегин Е.Е. Аппаратура для создания общей управляемой водоструйной гипертермии у онкологических больных. Применение гипертермии и гипергликемии в комплексном лечении злокачественных новообразований / Е.Е. Онегин, Н.Н. Александров, Э.Я. Никифоров и др. – Минск, 1981. – 259 с.
2. Гусев А.Н. Методы создания гипертермии опухолей с помощью электромагнитных полей / А.Н. Гусев, С.П. Осинский // Экспериментальная онкология : сб. науч. тр. – 1988. – № 3. – Т. 10. – С. тр. 68-73.
3. Гусев А.Н. Теплофизические модели гипертермии опухолей / А.Н. Гусев, В.Л. Сигал, С.П. Осинский. – К. : Вид-во "Наук. думка", 1989. – 173 с.
4. Девятков Н.Д. Радиоволны в медицине и биологии / Н.Д. Девятков // 100 лет радио / под ред. В.В. Мигулина, А.В. Гороховского. – М. : Изд-во "Радио и связь", 1995. – С. 283-295.
5. Ермакова И.И. Математическое моделирование процессов терморегуляции у человека / И.И. Ермакова. – М. : Изд-во ВИНТИ, 1987. – 137 с.
6. Жаврид Э.А. Гипертермия и гипергликемия в онкологии / Э.А. Жаврид, С.П. Осинский, С.З. Фрадкин; Ин-т проблем онкологии им. Р.Е. Кавецкого АН УССР. – К. : Вид-во "Наук. думка", 1987. – 256 с.
7. Мединец Ю.Р. Физические аспекты гипертермии / Ю.Р. Мединец // Медицинские вести : сб. науч. тр. – К. : Вид-во "Наук. думка", 1999. – № 1. – С. 40-41.
8. Осинский С.П. Гипертермия опухолей с помощью ферромагнитных материалов : обзор / С.П. Осинский // Экспериментальная онкология : сб. науч. тр. – 1994. – Вып. 16, № 4-6. – С. 305-315. – Библиогр. – С. 314-315.
9. Charny C.K. Bioheat transfer in a branching countercurrent network during hyperthermia / C.K. Charny, R.L. Levin // J. Biomech. Eng. – 1989. – Nov; 111(11). – Pp. 263-70.
10. Diederich C.J. The development of intracavitary ultrasonic applicators for hyperthermia: a design and experimental study / C.J. Diederich, K. Hynynen // Med Phys. – 1990. – Jul-Aug; 17(4). – Pp. 626-34.
11. Elkowitz A.B. Transient temperature profiles in tissues with nonuniform blood flow distributions / A.B. Elkowitz, A. Shitzer, R.C. Eberhart // J. Biomech. Eng. – 1982. – Aug; 104(3). – Pp. 202-8.

Стасевич С.П., Федяняк И.Р. Анализ методов создания искусственной гипертермии в биологических тканях

Рассмотрены основные методы создания искусственной гипертермии в живых тканях, которые могут применяться при лечении онкологических заболеваний. Нагрев клеток организма человека до температуры выше 42 °С приводит к их гибели. Поэтому использование гипертермии для нагрева злокачественной опухоли, находящейся в глубине участка тела, до температур выше 43 °С, широко используется в современной онкологии. Проанализированы основные технические аспекты общей, локальной и поверхностной гипертермии, определены преимущества и недостатки приведенных методов.

При проектировании аппаратных средств для гипертермии важную роль играет моделирование распространения тепла при проведении процедуры, которое позволяет сделать прогноз эффективности лечебной процедуры, а также корректировать ее ход.

Ключевые слова: общая гипертермия, локальная гипертермия, поверхностная гипертермия, электромагнитная гипертермия, ультразвуковая гипертермия, интерстициальная гипертермия, лазерная гипертермия (термотерапия).

Stasevich S.P., Fedyniak I.R. The Review of Creating Artificial Hyperthermia in Biological Tissues Methods

The basic methods of creating artificial hyperthermia in living tissues, which may be used in the treatment of cancer, were considered. Heating the cells of the human body to a temperature higher than 42 °C leads to their death. Therefore, the use of hyperthermia for heating of malignant tumors located deep in parts of the body to temperatures above 43 °C, is widely used in modern oncology. The main technical aspects of general, local and superficial hyperthermia were analyzed. Advantages and disadvantages of the above methods were identified. When designing the hardware for hyperthermia, modelling of heat sharing during the procedure, which allows forecasting the effectiveness of the treatment procedure, as well as correcting its course plays an important role.

Key words: general hyperthermia, local hyperthermia, superficial hyperthermia, electromagnetic hyperthermia, ultrasound hyperthermia, interstitial hyperthermia, laser hyperthermia (heat therapy).

УДК 62-83.075.8

Доц. В.О. Чумакевич¹, канд. техн. наук;
ст. викл. О.Є. Сокульський², канд. техн. наук; магістр С.М. Олійник¹

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ У ВОДОНАСОСНИХ УСТАНОВКАХ УНАСЛІДОК ВИКОРИСТАННЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Проаналізовано економічний ефект від впровадження частотно-регульованого електропривода в системах водопостачання. Зазначено, що економія досягається не тільки завдяки зменшенню кількості спожитої електроенергії, а й економією використаної води, зменшенням аварійності на мережах водопостачання внаслідок вимкнення гідроударів та збільшенням моторесурсів насосних агрегатів і запірної арматури. Наведено розрахунки щодо збільшення енергоефективності електропривода шляхом заміни існуючої системи керування водонасосної установки сучасною системою на базі частотного перетворювача.

Ключові слова: частотно-регульований електропривод, водонасосна установка, ефективність.

Постановка проблеми. Енергія, і зокрема електрична, є одним з найважливіших продуктів у індустріальному суспільстві. Досліджено, що середній прибуток, тривалість і рівень життя – важливі фактори, пов'язані зі споживанням електроенергії на душу населення в окремому регіоні чи в країні загалом. Як і всі природні ресурси, енергетичні ресурси виснажуються, тому важливо заощаджувати якомога більшу кількість енергії. Альтернативи політиці енергозбереження в Україні немає. Енергозбереження повинно перетворитися в підгалузь промислової енергетики та допомогти зекономити додатково значну кількість енергії. У цих умовах реалізація політики енергозбереження стає стратегічною лінією розвитку економіки і соціальної сфери.

¹ Львівський національний аграрний університет, м. Львів;

² НТУ України "Київський політехнічний інститут", м. Київ

Більшість електродвигунів працюють у нерегульованому режимі, а отже – з низькою ефективністю. Через недоліки проектування й експлуатації електропривода коефіцієнт завантаження багатьох машин не перевищує 50 %, що вимагає зниження встановленої потужності двигунів [1, 2, 9]. Робота привода в недовантаженому режимі призводить до значних втрат, не враховуючи зниженого значення коефіцієнта потужності, оскільки загальна встановлена потужність асинхронних двигунів у країні становить близько 40...50 млн кВт.

Огляд останніх досліджень і публікацій. Енергозбереження в електроприводі є частиною загального процесу ефективного використання електроенергії і визначається трьома процесами [1-5, 9]:

- *енергоспоживання* – процес формування складових потужності на вході перетворювача при роботі електропривода. Цей процес характеризується залежностями активної, реактивної енергії і потужності спотворення від швидкості та моменту двигуна, показниками якості електроенергії та їх впливу на характеристики електромеханічних перетворювачів;
- *енерговикористання* – процес використання потужності споживаної з мереж, який характеризує якісну сторону процесу енергоспоживання та показує, наскільки ефективним є використання споживаної електроенергії, яка частина з неї належить до втрат, а яка – до корисної потужності, що передається на вал робочої машини;
- *енергокерування* – процес формування режимів енергоспоживання за допомогою технічних пристроїв і систем, що впливають на кола управління електроприводом і перетворювальні пристрої, що живлять ці кола.

Вирішення цих процесів можливе різними шляхами [4-6].

Перший шлях належить до найпростішого некерованого масового електропривода й полягає в удосконалюванні процедури вибору двигуна для конкретної технологічної установки з метою дотримання номінального теплового режиму двигуна під час експлуатації.

Відомо, що в окремих підгалузях промисловості аварійність електродвигунів змінюється від 20 до 60-70 % на рік, причому зазначені показники відрізняються навіть у разі однотипних підприємств або виробництв. Характерно, що в умовах загального спаду виробництва кількість аварійних виходів з ладу машин не зменшується, а зростає. З урахуванням недовантаження електричних машин у нормальному технологічному режимі на 20-25 % і зниження продуктивності в 2,5-3 рази, витрати на ремонт двигунів (при наробітку на відмову 4000 год) збільшується [5-7].

Другий шлях підвищення економічності масового нерегульованого електропривода – перехід на енергозберігаючі двигуни та двигуни поліпшеної конструкції, спеціально призначені для роботи з регульованим електроприводом. Третій шлях – усунення проміжних передач. Цей шлях реалізується за допомогою безредукторних електроприводів. Четвертий шлях полягає у підвищенні ефективності роботи електропривода, тобто у виборі раціональних режимів роботи й експлуатації електропривода. Сюди входять:

- вибір раціонального способу й діапазону регулювання швидкості електропривода залежно від технологічних умов роботи машин і механізмів;
- вибір раціонального способу регулювання швидкості залежно від характеру зміни навантаження;

- підвищення завантаження робочих машин;
- вимкнення режиму неробочого ходу;
- зниження напруги на затискачах двигуна;
- мінімізація струму й втрат енергії АД при зміні навантаження;
- оптимізація динамічних режимів;
- використання синхронної машини як компенсатора реактивної потужності;
- використання акумуляторів енергії.

П'ятий шлях полягає у виборі раціонального типу електропривода для конкретної технологічної установки й переході від нерегульованого електропривода до регульованого. У разі неповного навантаження робота з постійною швидкістю характеризується підвищеною питомою витратою електроенергії порівняно з номінальним режимом.

Зниження швидкості механізмів безперервного транспорту при недовантаженні дає змогу виконати необхідну роботу з меншою питомою витратою електроенергії. У цьому разі економічний ефект з'являється також завдяки поліпшенню експлуатаційних характеристик технологічного устаткування. Так, у разі зниження швидкості зменшується зношування тягового органа транспортера, збільшується термін служби трубопроводів унаслідок зниження тиску тощо. Ефект у сфері технології часто виявляється істотно вищим, ніж за рахунок економії електроенергії [6-9].

З іншого боку, висувається необґрунтоване бажання використати плавно регульовані системи привода з більшим діапазоном регулювання для цих установок. Водночас достатньо великий діапазон регулювання продуктивності для механізмів з вентиляторним характером навантаження можна отримати при діапазоні зміни швидкості, що не перевищує 20 %. Шостий шлях – поліпшення якості електроенергії засобами силової перетворювальної техніки регульованого електропривода. Сьомий шлях – економія електроенергії робочими установками й механізмами внаслідок підвищення ефективності виконання технологічного процесу.

Мета роботи – дослідити ефективність використання частотно-регульованого електропривода у водонасосних установках.

Виклад основного матеріалу. Найбільш перспективним, на наш погляд, енергозберігаючим ефектом у водонасосних установках є впровадження частотно-регульованого електропривода [6-8]. З огляду на нерівномірний характер водоспоживання, для насосних станцій виникла вкрай гостра потреба плавного регулювання їхньої продуктивності (напір і подача).

Традиційно продуктивність насосних станцій у системах водопостачання та водовідведення регулювалася ступінчасто або дроселюванням напірними засувками. Але такі способи регулювання є неекономічними. Крім цього, збільшується знос устаткування через часті пуски і зупинки агрегатів; частіше виходять з ладу напірні засувки, внаслідок того, що засувка є запірною арматурою і не призначена для регулювання. Плавне регулювання продуктивності насосних агрегатів може бути забезпечено кількома способами:

- застосуванням двигунів постійного струму, число обертів яких змінюють шляхом регулювання напруги живлення;
- застосуванням різноманітних муфт ковзання (індукційних, гідравлічних, електромагнітних);

- зміною частоти напруги двигуна агрегата (регульованих електропривод).

Найбільше поширення на цей час має спосіб, за якого в спеціальному тиристорному перетворювачі напруга частотою 50 Гц може бути перетворена у напругу заданої частоти. Як відомо, швидкість обертання електродвигуна прямо пропорційна частоті напруги живлення. Змінюючи кількість обертів, можливо домогтися зміни подачі Q , напору H , потужності N у такій залежності:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n}{n_0}; \frac{H_1}{H_0} = \left(\frac{n_1}{n_0}\right)^2; \frac{N_1}{N_0} = \left(\frac{n_1}{n_0}\right)^3, \quad (1)$$

де: n_1 і n_0 – кількість обертів електродвигуна при робочій (n_1) і номінальній (n_0) частоті напруг живлення; H_1 і H_0 – напір насосного агрегата; Q_1 і Q_0 – подача насосного агрегата; N_1 і N_0 – потужність, споживана агрегатом.

Розглянемо детальніше методи регулювання подачі та напору. Регулювання шляхом дроселювання зводиться до зменшення потоку води у трубопроводі, що зумовлює додаткові витрати електроенергії, оскільки помпа постійно повинна переборювати протитиск, створений напірною засувкою [6, 7].

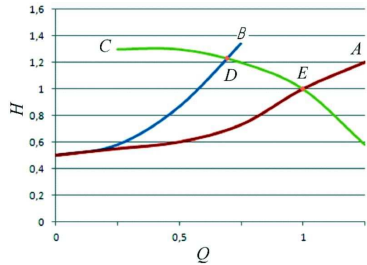


Рис. 1. Характеристики $Q - H$ насоса та мережі при дроселюванні напірною засувкою

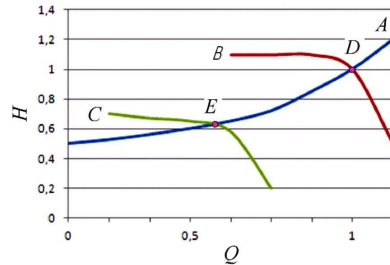


Рис. 2. Характеристики $Q - H$ при змінюванні числа обертів насоса за допомогою регульованого електроприводу

На рис. 1 показано зміну характеристики мережі при регулюванні подачі і напору насоса за допомогою дроселювання напірною засувкою, характеристика насоса при цьому залишається незмінною крива C . Крива A є характеристикою мережі водопостачання при відкритій регульовальній заслінці, крива B крива, що характеризує мережу при зменшенні подачі (витрати). Точка E є робочою точкою при максимальній подачі, при цьому потрібна потужність дорівнює: $1 \cdot 1 = 1$. Точка D є робочою точкою при 70 % подачі: $Q=0,7$; $H=1,25$. Потрібна потужність дорівнює: $0,7 \cdot 1,25 = 0,875$.

На рис. 2 показано зміну характеристики при регулюванні продуктивності помпи шляхом плавного регулювання швидкості обертання внаслідок встановлення регульованого електропривода. При цьому характеристика насоса крива B зсувається паралельно паспортній до початку координат крива C , а характеристика мережі залишається незмінною. Точка D є робочою при максимальній подачі. Потрібна потужність дорівнює: $1 \cdot 1 = 1$. Точка E є робочою точкою при 70 %. Потрібна потужність при цьому: $0,7 \cdot 0,63 = 0,44$.

Застосування регульованого електропривода призводить, крім економії електроенергії, до додаткових позитивних факторів:

- зменшення аварійності на мережі водопостачання за рахунок виключення поштовхів та гідродударів при регулюванні і плавному пуску чи зупинці агрегатів;
- збільшення моторесурсу насосних агрегатів і запірної арматури.

Найбільший ефект від застосування регульованого електропривода досягається при побудові на його базі систем автоматичного регулювання напору у мережі водопостачання. При цьому напір може автоматично підтримуватись за заданим значенням напору в контрольній точці мережі або на виході насосної станції. Наприклад, водонасосна установка потужністю $P_n = 1600$ кВт, на якій керування подачею (витратою) води відбувається за допомогою дросельної заслінки, замінюємо на сучасне частотне керування. Для реалізації частотного керування використаємо частотний перетворювач з робочою напругою 525-690 В. Вихідними даними для розрахунку є такі параметри мережі водопостачання, споживачів, а також насоса:

- потрібний напір – $H_n = 54$ м;
- потрібна продуктивність – $Q_n = 2630$ м³/год;
- номінальний напір – $H_n = 100$ м;
- номінальна продуктивність – $Q_n = 5760$ м³/год;
- номінальне число обертів – $n_n = 750$ об/хв;
- потужність насосного агрегата: $N_n = 1600$ кВт;
- висота підйому води за нульової продуктивності – $H_\phi = 125$ м;
- відносна мінімальна подача води – $\lambda = 0,46$;
- відносний фіктивний напір – $H_M^* = 0,54$;
- $\omega^* = 0,21$ (по розрахункових кривих).

Потрібну кількість обертів для забезпечення потрібної продуктивності знаходимо з формули:

$$n = \sqrt{\frac{H_n}{H_\phi} + \left(1 - \frac{H_n}{H_\phi}\right) \cdot \left(\frac{Q_n}{Q_H}\right)^2} = \sqrt{\frac{54}{125} + \left(1 - \frac{54}{125}\right) \cdot \left(\frac{2630}{5760}\right)^2} = 557, \text{ об/хв.} \quad (2)$$

Споживання електроенергії існуючим (не модернізованим) електроприводом визначаємо з виразу

$$W_1 = P_{\text{ввлом}} \cdot k_3 \cdot T_p, \quad (3)$$

де k_3 – коефіцієнт завантаження електроприводу.

$$W_1 = 1600 \cdot 0,73 \cdot 8760 = 10231,2 \text{ тис кВт}\cdot\text{год/рік.}$$

Економію електроенергії знаходимо за формулою

$$\Delta W = N_n \cdot T_p \cdot \omega^*, \quad (4)$$

де: N_n – номінальна потужність насосного агрегата, кВт; T_p – час роботи насосного агрегату за рік ($T=8760$ год); ω^* – параметр, що характеризує відносні втрати електроенергії, що спричиняється перевищенням напору.

$$\Delta W = 1600 \cdot 8760 \cdot 0,21 = 2943 \text{ тис. кВт}\cdot\text{год/рік.}$$

Згідно з проведеними розрахунками, після заміни існуючої системи керування водонасосною установкою на сучасну систему на базі частотного перетворювача АВВ ACS-800-07-2120-7, отримуємо енергетичний ефект завдяки скороченню споживання електроенергії на 28,7 %. Також впровадження енер-

гозберігаючого електропривода дає змогу отримати економію води, внаслідок зменшення втрат у мережі підвищеним тиском [6-8].

Річну продуктивність водонасосної установки з існуючим приводом визначаємо з формули

$$B_{pич} = Q_{п} \cdot T_p. \quad (5)$$

Підставивши відповідні значення у формулу, отримаємо

$$B_{pич} = 2630 \cdot 8760 = 23038800 \frac{м^3}{рік}.$$

Річну економію води визначаємо з формули

$$\Delta B_{pич} = \frac{H_H - H_{п}}{10} \cdot Q_{п} \cdot t_{год}. \quad (6)$$

Підставивши відповідні значення у формулу, отримуємо економію води

$$\Delta B_{pич} = 0,07 \cdot \frac{100 - 54}{10} \cdot 2630 \cdot 8760 = 7418493,6 \frac{м^3}{рік}$$

що становить 32,2 %.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Проведені дослідження показали високу ефективність використання частотно-регульованого електропривода, що призведе до підвищення енергоефективності електропривода та дасть змогу зекономити значну кількість води. Таким чином, впровадження частотно-регульованого електропривода дасть змогу істотно знизити собівартість послуг водопостачального господарства.

Література

1. Свичарник Д.В. Электрическое машины непосредственного привода. Безредукторный электропривод / Д.В. Свичарник. – М. : Изд-во "Энергоатомиздат", 1988. – 208 с.
2. Сапсаев А.В. Циклический безредукторный электропривод / А.В. Сапсаев // Электротехника : сб. науч. тр. – 2000. – № 11/00. – С. 29-34.
3. Чучман Ю.І. Прецизійний тихохідний безредукторний безконтактний електропривод / Ю.І. Чучман, І.З. Щур, М.В. Черепаняк, В.М. Журкіна // Електроінформ. – 2006. – № 2. – С. 13.
4. Сабинин Ю.А. Безредукторный позиционный электропривод / Ю.А. Сабинин, А.В. Денисова // Электротехника : сб. науч. тр. – 1999. – № 8. – С. 22-28.
5. Закладний О.М. Енергозбереження засобами промислового електропривода : навч. посібн. / О.М. Закладний. – К. : Вид-во "Кондор", 2005. – 408 с.
6. Актуальность проблемы энергосбережения в системе водоснабжения // Новости приводной техники : ежемесячная газета. – М. : Изд-во "Экополис", 2001. – № 6, № 6-7.
7. Использование частотно-регулируемого электропривода в насосных станциях // Новости приводной техники : ежемесячная газета. – М. : Изд-во "Экополис". – 2002. – № 2 (10). – Код № 10-6.
8. Лезнов Б.С. Экономия электроэнергии в насосных установках / Б.С. Лезнов. – М. : Изд-во "Энергоатомиздат", 1991. – 144 с.
9. Браславский И.Я. О возможностях энергосбережения при использовании частотно-регулируемых асинхронных электроприводов / И.Я. Браславский. – М. : Изд-во Электротехника : сб. науч. тр. – 1998. – № 8. – С. 2-5.

Чумакевич В.А., Сокульский О.Е., Олейник С.Н. Энергосбережение в водонасосных установках за счет использования частотно-регулируемого электропривода

Проанализирован экономический эффект от внедрения частотно-регулируемого электропривода в системах водоснабжения. Подчеркнуто, что экономия достигается не только за счет уменьшения количества потребленной электроэнергии, но и за счет эко-

номии использованной воды, уменьшения аварийности на сетях водоснабжения в результате исключения гидроударов и увеличения моторесурса насосных агрегатов и запорной арматуры. Приведены расчеты увеличения энергоэффективности электропривода путем замены существующей системы управления водонасосной установки современной системой на базе частотного преобразователя.

Ключевые слова: частотно-регулируемый электропривод, водонасосная установка, эффективность.

Chumakevych V.A., Sokulsky O.E., Olynyk S.M. Energy Saving in Water-Pumping Installations through the Use of Variable Frequency Drive

The analysis on the economic effect of the introduction of variable frequency drives in water systems is made. Saving is emphasized to be achieved not only by reducing the amount of electricity consumed, but also by saving water used, reduce accidents on the water supply network as a result of the exclusion of water hammer, and increased use of equipment pump units and valves. The reduced payments increase energy efficiency by replacing existing electric control system water pump installation modern system based on the frequency converter.

Key words: variable frequency drives, water pumping plant, efficiency.

УДК 697.92

Асист. В.Б. Шенітчак – НУ "Львівська політехніка"

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВЕРХНІ ОПРОМІНЕННЯ ПОВОРОТНИМИ ІНФРАЧЕРВОНИМИ ОБІГРІВАЧАМИ

Виконано аналіз існуючих систем інфрачервоного опалення. Проведено експериментальні та розрахункові дослідження температурного режиму зони опромінення поворотними інфрачервоними обігрівачами. Розглянуто питання планування експерименту та оброблення експериментальних даних, внаслідок яких було отримано рівняння регресії. Наведено результати дослідження температури поверхні опромінення джерелом теплоти за зміни висоти встановлення та потужності інфрачервоного обігрівача. Оцінено вплив значень коефіцієнтів рівняння регресії на параметр оптимізації шляхом побудови поверхні відгуку.

Ключові слова: теплозабезпечення, енергоощадні системи, опалення, інфрачервоні обігрівачі, променева енергія.

Актуальність роботи. Опалення будівель великих об'ємів є достатньо складним завданням. Характерними для таких приміщень є значна висота, недостатня теплова ізоляція зовнішніх огорожень, істотний повітрообмін. Використання традиційних водяних чи повітряних систем опалення є технічно складним та економічно не вигідним. У таких приміщеннях робоча зона, в якій необхідно створити мікроклімат, має зазвичай висоту до 2 м. Це становить близько 20-30 % від загального об'єму. Багатолітній досвід засвідчує, що найефективнішим способом опалення виробничих приміщень є використання інфрачервоних систем, принцип роботи яких ґрунтується на локальному обігріві внаслідок випромінювання [1-3]. Використовуючи ці системи, опалюються тільки ті зони, де обігрів є необхідним. Внаслідок, завдяки випромінюванню, нагріваються тільки окремі поверхні та об'єкти. Таким чином можна досягти необхідного теплового стану в різних зонах приміщення або окремих робочих місцях [4].

Мета та задачі дослідження. Здійснити експериментальні та розрахункові дослідження температурного режиму зони опромінення поворотними інфрачервоними обігрівачами. При цьому розглянути питання планування експерименту та оброблення експериментальних даних. Особливу увагу приділити