

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

$$B_{p\text{рч}} = Q_{\text{п}} \cdot T_{\text{р}}. \quad (5)$$

Підставивши відповідні значення у формулу, отримаємо

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

Річну економію води визначаємо з формули

$$\Delta B_{p\text{рч}} = \frac{H_{\text{н}} - H_{\text{п}}}{10} \cdot Q_{\text{п}} \cdot t_{\text{зод}}. \quad (6)$$

Підставивши відповідні значення у формулу, отримуємо економію води

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

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. Прецизионный тихоходный безредукторный безконтактный электропривод / 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., Олийник 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 установкой современной системой на базе частотного преобразователя.

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

Chumakevych V.A., Sokulsky O.E., Oliynik 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 невигідним. 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

встановленню впливу основних факторів – висоти встановлення та потужності випромінювача на параметр оптимізації – температуру поверхні опромінення.

Експериментальні дослідження. Планування експерименту можна ефективно використовувати під час пошукових досліджень, за неповного знання механізму технологічного або фізичного процесів, а також для підтвердження або описання вже відомих математичних виразів. Основна перевага математичних методів планування експерименту полягає в скороченні частки експериментальних затрат у декілька разів за рахунок оптимальної організації досліджень, мінімізації кількості дослідів і частки аналітичної роботи. Скорочення кількості дослідів лабораторних експериментів досягається переважно завдяки відмові від традиційного принципу вивчення багатфакторних процесів шляхом перегляду усіх чинників за певною оптимально складеною програмою [5-7].

Експериментальне дослідження проведено для визначення температурних полів поверхні залежно від інтенсивності опромінення інфрачервоним нагрівачем, висоти його встановлення та його обертальних рухів у площині. Установка складалась з інфрачервоного випромінювача 1, електричного двигуна з редуктором 2, горизонтальної осі обертання 3, підшипникового вузла обертання та кріплення системи 4 (рис. 1) [8].

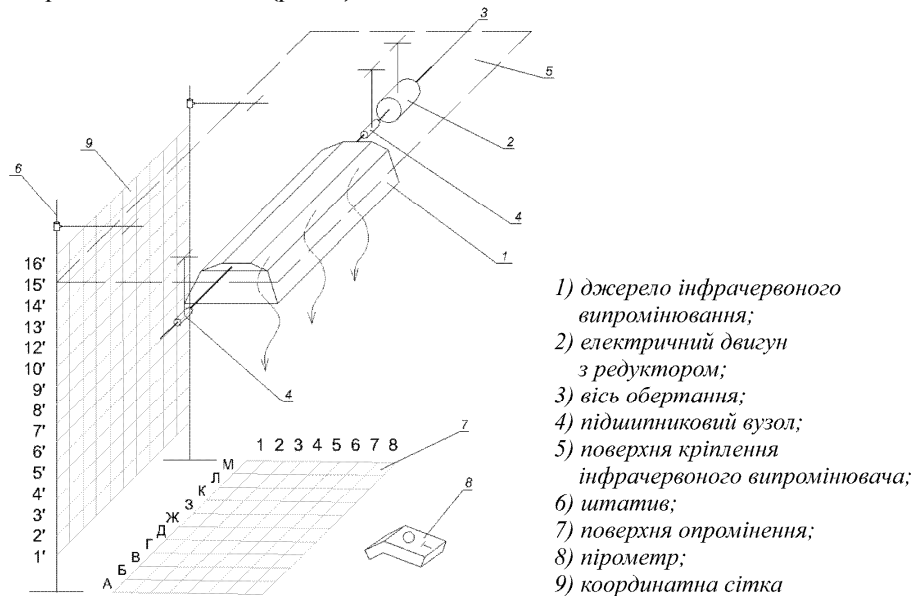


Рис. 1. Дослідна установка для визначення розподілу температур поверхні опромінення

Електричний двигун з редуктором 2, який знаходиться на одній горизонтальній осі обертання 3 з джерелом інфрачервоного випромінювання, забезпечує рівномірні та поступові коливання випромінювача. Променивий обігрівач завдяки такому руху здійснює рівномірне нагрівання більшої площі робочої зони. За допомогою підшипникового вузла 4 вся система кріпиться до основи 5.

Температуру поверхні опромінення в приміщенні лабораторії визначено пірометром "Німбус-530/1" в певних точках координатної сітки 9. Дослідження здійснювали за змінної висоти встановлення нагрівача: 1,6 м; 1,9 м; 2,2 м; 2,5 м; 2,8 м та за різних теплових потужностей: 1500 Вт, 2000 Вт, 2500 Вт. Нагрівач обладнаний електричним двигуном з редуктором 2, що знаходиться на одній осі з опалювальним приладом. Це забезпечувало коливальні рухи довкола осі випромінювача. Дослід повторювали при зміні висоти встановлення нагрівача (1,6 м; 1,9 м; 2,2 м; 2,5 м; 2,8 м) та за різних теплових потужностей (1400 Вт, 2000 Вт, 2500 Вт).

Аналіз результатів експериментальних досліджень зміни температури поверхні опромінення показав, що вона залежить від теплової потужності інфрачервоного нагрівача $Q_{нагр}$, Вт та висоти його встановлення H , м. Основними факторами, які впливають на величину температури поверхні, що опромінюється, прийнято висоту встановлення H , м та потужність випромінювача $Q_{нагр}$. Групу факторів для оброблення вимірних величин наведено у табл. 1.

Табл. 1. Фактори і рівні планування

Назва фактора	Кодове позначення	Рівні факторів	
		нижній -1	верхній +1
Потужність нагрівача ($Q_{нагр}$, Вт)	x_1	1400	2500
Висота встановлення нагрівача (H , м)	x_2	1,6	2,8

Для визначення ступеня впливу кожного з цих параметрів складали план-матрицю експерименту. Перше із значень кожного фактора відповідало його мінімальному значенню і позначалося -1, друге – максимальному і позначалося +1. Необхідну кількість дослідів визначено за формулою

$$N = p^k, \quad (1)$$

де: p – кількість рівнів факторів ($p = 2$); k – кількість факторів ($k = 2$). Щоб визначити вплив вказаних факторів проводили повний факторний експеримент $N=2^2$. План-матрицю двофакторного експерименту наведено у табл. 2.

Табл. 2. План-матриця повного факторного експерименту 2^k при $k = 2$

№ з/п дослідів	Визначальні фактори		Функція відгуку
	$x_1 (Q_{нагр})$	$x_2 (H)$	
1	2	3	5
1	-1	-1	22,5
2	+1	-1	23,6
3	-1	+1	21,3
4	+1	+1	22,3

Примітка: $x_1 = Q, \hat{A}, \hat{\Delta}$, $x_2 = h, i$ – вхідні параметри експерименту; $y = t, ^\circ C$ – параметр оптимізації.

Результати факторного експерименту досліджень описано математичною моделлю полінома вигляду

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2, \quad (4)$$

де $b_0, \dots, b_{12}$ – коефіцієнти рівняння регресії, які обчислювали за формулою

$$b_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ji} y_i, \quad j = 0, 1, \dots, k. \quad (5)$$

У рівнянні (5) N – кількість дослідів; i – номер дослідів; j – номер фактора; x_{ji} – кодування значення фактора в досліді; y_i – значення змінної стану, k – кількість факторів.

$$b_0 = \frac{22,5 + 23,6 + 21,3 + 22,3}{4} = 22,425; \quad b_1 = \frac{-22,5 + 23,6 - 21,3 + 22,3}{4} = 0,525;$$

$$b_2 = \frac{-22,5 - 23,6 + 21,3 + 22,3}{4} = 0,625.$$

Внаслідок отримано рівняння регресії (див. формулу 4):

$$y = 22,425 + 0,525x_1 - 0,625x_2 - 0,025x_1x_2$$

Проведено перевірку отриманої залежності: нехай $x_1 = +1, x_2 = +1$, тоді $y = 22,425 + 0,525 \cdot 1 - 0,625 \cdot 1 - 0,025 \cdot 1 \cdot 1 = 22,3$. Із табл. 2 за значеннями $x_1 = +1, x_2 = +1$, вибрано $y = 22,33$.

$$\text{Величина похибки дорівнює: } \delta = \frac{22,33 - 22,3}{22,33} \cdot 100\% = 0,13\%.$$

Для оцінювання впливу числових значень коефіцієнтів рівняння регресії на параметр оптимізації побудовано поверхню відгуку (рис. 2).

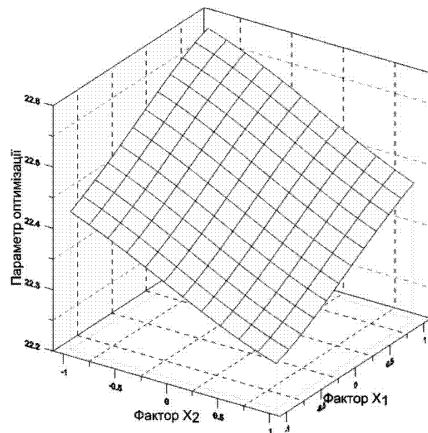


Рис. 2. Поверхня відгуку

На рис. 2 зображено простір, на якому побудовано поверхню відгуку. Він заданий координатними осями, по яких відкладено значення факторів та параметру оптимізації.

Висновки. У цій роботі наведено результати експериментальних і розрахункових досліджень температурного режиму зони опромінення поворотними інфрачервоними обігрівачами. При цьому встановлено, що за максимальної потужності обігрівача 2500 Вт і мінімальної висоти його встановлення 1,6 м максимальне значення температури поверхні опромінення становить 23,6 °C, а за

мінімальній потужності 1400 Вт і максимальної висоти встановлення 2,8 м температура поверхні є мінімальною і становить 21,3 °C.

Література

1. Анго М.А. Инфракрасные излучения / М.А.Анго. – Л.: Изд-во Изд-во "Госэнергоиздат", 1957. – 81 с.
2. Бураковский Т. Инфракрасные излучатели: пер. с пол. / Т. Бураковский, Е. Гизинский, А. Саля. – Л.: Изд-во "Энергия", 1978. – 408 с.
3. Ициксон В.С. Инфракрасные газовые излучатели / В.С. Ициксон, Ю.Л. Денисов. – М.: Изд-во "Недра", 1969. – 277 с.
4. Bakowski Konrad. Sieci i instalacje gazowe / Konrad Bakowski. – Warszawa: Wyd-wo "Naukowo-Techniczne", 2002. – 236 с.
5. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – Изд. 2-ое, [перераб. и доп.]. – М.: Изд-во "Наука", 1976. – 279 с.
6. Барабашук В.И. Планирование эксперимента в технике / В.И. Барабашук, Б.П. Креденцер, В.И. Мирошников; под ред. Б.П. Креденцера. – К.: Вид-во "Техніка", 1984. – 200 с.
7. Ахназарова С.Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии: учебн. пособ. [для хим.-техн. спец. ВУЗов] / С.Л. Ахназарова, В.В. Кафаров. – Изд. 2-ое, [перераб. и доп.]. – М.: Изд-во "Высш. шк.", 1985. – 327 с.
8. Патент України на корисну модель № 81275. Інфрачервоний обігрівач / В.Б. Шепітчик, Н.А. Сподинюк, В.М. Желих. 2013. – 23 с.

Шепітчик В.Б. Исследование температуры поверхности облучения поворотными инфракрасными обогревателями

Выполнен анализ существующих систем инфракрасного отопления. Проведены экспериментальные и расчетные исследования температурного режима зоны облучения поворотными инфракрасными обогревателями. Рассмотрены вопросы планирования эксперимента и обработки экспериментальных данных, в результате которых было получено уравнение регрессии. Приведены результаты исследований температуры поверхности облучения источником теплоты при изменении высоты установки и мощности инфракрасного обогревателя. Проведена оценка влияния числовых коэффициентов уравнения регрессии на параметр оптимизации путем построения поверхности отклика.

Ключевые слова: тепло, энергосберегающие системы, отопление, инфракрасные обогреватели, лучистая энергия.

Shepichak V.B. The Investigation of the Temperature of the Exposure Surface of the Rotary Infrared Heaters

The existing systems of infrared heating have been analyzed. The experimental and calculated studies of temperature condition exposure zone of the rotary infrared heaters have been done. The problems of experimental planning and processing experimental data, in which regression equation was obtained, are considered. The results of investigations the temperatures of surface exposure of heat source by changing the height of the installation and power infrared heater have been given. The influence of the coefficients of the regression equation upon parameter optimization by constructing surface response is estimated.

Key words: heat, energy-efficient systems, heating, infrared heaters, radiant energy.