

обслуговуванні, ремонті, а насосні установки при використанні ВВН працюють практично без простою в складних умовах перекачування різних рідин.

7. Перекачування рідин при незначному руйнуванні структури її складових. Принцип передачі енергії у ВВН передбачає незначну пульсацію, а можливість вільного протікання рідини через вільну камеру забезпечує зменшення деструкції (руйнування структури) технологічної рідини, зменшення пошкоджень у чутливих до дії сил зрізу речовин. Наявність незначного ударного контакту між перекачуваним середовищем і робочим колесом являється головною перевагою ВВН від існуючих конструкцій відцентрових насосів.

Порівняння витрат при виборі насосів проводиться при аналізі сукупних витрат (включаючи витрати на придбання і подальше обслуговування). Вибір варіанту насоса при цьому здійснюється з позиції мінімізації їх загальної величини за період служби насоса. При транспортуванні складних для перекачування рідин аналіз вартості життєвого циклу насоса рекомендується проводити по методиці, в якій основна роль належить витратам та експлуатацію та ремонт.

### **3. Висновки**

Таким чином для зменшення вартості життєвого циклу насосних установок при перекачуванні рідин з високим вмістом абразивних включень, суспензій з великим вмістом твердих речовин і волокнистих включень, рідин з в'язкістю більше 50 сПз, рідин з високим вмістом повітря або газу, рідин чутливих до зрізу і рідин, що містять крихкі речовини перевага використання вільновихрових насосів незаперечна.

**Список літератури:** 1. Оценка стоимости жизненного цикла оборудования. Экономическая эффективность в долгосрочной перспективе [Текст] // Энергоэффективное оборудование. – 2007. – №7. – С. 12 – 13. 2. Анализ стоимости жизненного цикла насосного оборудования [Текст] // Энергоэффективное оборудование. – 2008. - №6. – С. 16 – 17. 3. *Поступила в редколлегию 23.11.2011* Свободновихревые насосы [Текст]: учеб. пособие / А.И. Ковалев, В.Ф. Герман. – К. : УМК ВО, 1990. – 60 с. 4. *Котенко А.И.* Оценка кавитационных качеств свободновихревых насосов [Текст] / А.И. Котенко, В.Ф. Герман // Вісник СумДУ. Серія Технічні науки – 2008. – №4. – С. 93 – 105. 5. ISO 2858. Насосы центробежные с осевым входом (номинальное давление 16 бар). Обозначение, номинальные параметры [Текст]. – Введ. 01.02.1975. – М: Изд – во стандартов, 1975. – 8 с. 6. Зменшення вартості життєвого циклу насосних установок при експлуатації вільно вихрових насосів в умовах виготовлення цукру [Текст] : матеріали міжнародної науково технічної конференції цукровиків України «Бурякоцукрова галузь в умовах національного та світового ринків». – К.: «Цукор України», 2011. – 172 с.

*Поступила в редколлегию 23.11.2011*

**УДК 658.26:621.311**

**Л.Г.УВАРОВА**, маг., ЗДІА, Запоріжжя

**С.А. ЛЕВЧЕНКО**, канд.техн.наук, ЗДІА, Запоріжжя

### **ПРОГНОЗУВАННЯ ГРАФІКІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПІДПРИЄМСТВА**

В статті, на основі методу формових відображень, розглянуто спосіб підвищення ефективності системи електропостачання підприємства на довгострокову перспективу на прикладі підприємства ПрАТ «Запоріжполімертара».

**Ключові слова:** метод формових відображень, графіки електричних навантажень

В статье, на основе метода формовых отображений, рассмотрен способ повышения эффективности системы электроснабжения предприятия на долгосрочную перспективу на примере предприятия ЧАО «Запорожполимертара»

**Ключевые слова:** метод формовых отображений, графики электрических нагрузок

In this article, based on the method of molding the maps, is considered a way to improve the efficiency of power supply system on a long term perspective on the example of the company CHAO "Zaporozhpolimertara"

**Keywords:** method of molding the maps, graphs of electrical loads

## **Вступ**

Промислові підприємства є одними з головних споживачів електричної енергії, на долю яких припадає близько двох третин вжитку електроенергії. Згідно з умовами функціонування оптового ринку електроенергії споживачі-учасники ринку зобов'язані заявляти планові об'єми вжитку електроенергії. Від режимів споживання електроенергії залежать режими роботи енергетичних установок основного устаткування електростанцій, ліній електропередач і трансформаторних підстанцій. При здійсненні постачання електроенергії відхилення фактичного вжитку від заявленого призводить до накладання штрафів. Тому участь підприємства на оптовому ринку електроенергії вимагає підвищення точності прогнозування даних про електроспоживання. У зв'язку з цим особливо велике значення має завдання визначення електричних навантажень промислових підприємств. Прогнозування електроспоживання підприємства є одним з важливих моментів планування діяльності всього підприємства, а також Енергосистеми в цілому. Підвищення ефективності електроспоживання підприємства можливе за рахунок прогнозування графіків електричного навантаження (ГЕН). Для цього найбільш доцільно застосовувати метод формових відображень, який було розроблено в Інституті загальної енергетики НАН України [1].

## **Метод формових відображень для довгострокового прогнозування графіків електричного навантаження в умовах перехідної економіки**

Перспективні графіки навантаження характеризують використання тих чи інших технологій споживання електричної енергії на певний момент часу і є основною інформацією, необхідною для планування роботи підприємства, а також підвищення його енергоефективності. На процес формування графіків навантаження впливає велика кількість факторів, як випадкових, так і закономірних.

Мета прогнозу - оцінити очікуваний графік навантаження та величину споживання електричної енергії за відповідний проміжок часу для завчасного планування режимів електроспоживання підприємства. Завдання полягає в МІНІМІЗАЦІЇ невизначеності з метою найкращого наближення прогнозованого графіка навантаження до майбутнього фактичного. Це дозволить у перспективі визначити ефективну структуру робочих потужностей, визначити основні режими роботи обладнання.

При застосуванні метода формових відображень (МФВ) за вихідні данні беруться графіки споживання електричної енергії підприємством за роками. Графік складається з двох періодів, а саме: ретроспективного  $[J, 0]$  та перспективного  $[0; J]$ , де 0 – базовий рік; J – максимальний рік періоду прогнозування. Принциповою особливістю МФВ є те, що початок ретроспективного періоду  $J$  співпадає з роком максимального електроспоживання в минулому.

У роботі, на основі методу формових відображень, було розглянуто перспективне, до 2020р. включно, електроспоживання підприємства ПрАТ «Запоріжполімертара», ретроспективний період якого починається з 2005 року,

це рік максимального електроспоживання підприємства. За базовий прийнято 2010 рік, як рік стабільної роботи підприємства. Для перспективного періоду було спрогнозовано обсяг споживання електричної енергії підприємством (рис 1).

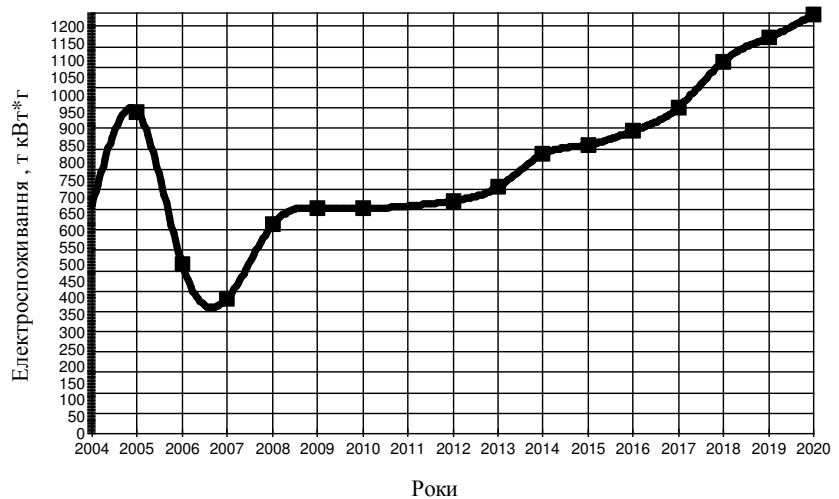


Рис.1. Споживання електроенергії підприємством по роках

Для формування прогнозованих графіків електричного навантаження

підприємства на довгострокову перспективу згідно алгоритму [1] визначаються:

1. Індеси річного електроспоживання за роками ретроспективного 2005-2009 рр. і прогнозованого 2011-2020рр. періодів.

$$\alpha_j = \frac{W_j}{W_0}, \quad \alpha_j = \frac{W_j}{W_0}, \quad (1)$$

де  $W_j$  – споживання електричної енергії у роки  $j$  ретроспективного періоду, кВт·год.  $W_0$  – об'єм спожитої електричної енергії у базовий рік, кВт·год;  $W_j$  – споживання електричної енергії у роки  $j$  перспективного періоду, кВт·год.

Таблиця 1. Індеси річного електроспоживання

Роки	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Індеси	1,43	0,75	0,60	0,93	1,03	1

Продовження таблиці 1

Роки	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Індеси	1,02	1,04	1,10	1,24	1,28	1,35	1,45	1,67	1,76	1,86

Прогнозовані графіки споживання електричної енергії протягом певного року періоду є пропорційними до відповідних графіків минулих років з коефіцієнтом пропорційності, що дорівнює відповідним індесам річного електроспоживання.

2. Форми річних графіків електроспоживання для кожного року ретроспективного періоду

$$F_j(t) = \frac{P_j(t)}{P_j^{max}}, \quad (2)$$

де  $P_j(t)$  – річна потужність підприємства в  $j$  році, кВт;  $P_j^{max}$  – максимальне значення потужності підприємства, кВт;  $t$  – місяці поточного року.

Таблиця 2. Форми річних ГЕН

Місяць	Форми річних ГЕН					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
січень	0,900	1	0,870	0,650	0,849	1
лютий	0,680	0,630	0,980	0,850	0,925	0,950
березень	0,590	0,680	0,760	0,950	0,968	0,800
квітень	0,680	0,730	0,500	0,810	0,900	0,750
травень	0,670	0,850	0,430	0,840	1	0,740
червень	0,730	0,630	0,640	0,860	0,839	0,730
липень	0,770	0,700	0,560	0,770	0,836	0,670
серпень	0,760	0,590	0,750	0,810	0,816	0,700
вересень	0,640	0,710	0,880	0,880	0,769	0,770
жовтень	1	0,780	0,860	0,730	0,700	0,740
листопад	0,890	0,720	0,870	1	0,753	0,750
грудень	0,960	0,740	1	0,960	0,825	0,720

3. Можливі нерівності індексів

$$\alpha_{j+1} \leq \alpha_j \leq \alpha_j, \quad (3)$$

$$\alpha_j > \alpha_j. \quad (4)$$

4. Квазиформи електронавантаження, тобто умовні форми графіків електронавантаження підприємства у прогнозованому періоді.

Для кожного року перспективного періоду, в яких справедлива залежність (3), квазиформи ГЕН підприємства обчислюються за формулою:

$$F_j^*(t) = F_{j+1} + [F_j(t) - F_{j+1}(t)] \frac{\alpha_j - \alpha_{j+1}}{\alpha_j - \alpha_{j+1}}, \quad (5)$$

для років, яким відповідає залежність (4), квазиформи галузевих ГЕН обчислюються за формулою:

$$F_j^*(t) = F_j(t) + [F_j(t) - F_{j+1}(t)] \times \frac{\alpha_j - \alpha_j}{\alpha_j - \alpha_{j+1}} \exp\left(\frac{\alpha_j - \alpha_j}{\alpha_j - \alpha_{j+1}}\right). \quad (6)$$

Для кожного прогнозованого року періоду згідно зі складеними нерівностями (3) та (4) визначаємо квазиформи ГЕН, відповідно до усього ретроспективного періоду. Для кожного місяця кожного року перспективного періоду було складено п'ять можливих квазиформ графіка електричного навантаження у відповідності до нерівностей (3) та (4). Для визначення форми прогнозованого графіка електричного навантаження оберемо тільки одну найбільш імовірну квазиформу. Для цього застосовано методи математичної

статистики. Вони дали окрім найбільш імовірного значення квазиформи також його імовірну похибку. Розраховані значення для перспективного періоду занесені в табл.3.

Таблиця 3. Квазиформи ГЕН перспективного періоду

Місяці	Вірогідні квазиформи річних ГЕН									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Січень	0,878 ±0,73 %	0,859 ±1,42 %	0,855 ±1,49 %	0,879 ±1,9 %	0,849 ±1,56 %	0,860 ±1,68 %	0,846 ±1,59 %	0,843 ±1,6 %	0,843 ±1,68 %	0,843 ±1,6 %
Лютий	0,796 ±2,2%	0,86 ±1,54 %	0,856 ±0,52 %	0,854 ±1,89 %	0,863 ±1,64 %	0,865 ±0,72 %	0,873 ±1,42 %	0,876 ±1,3 %	0,877 ±1,37 %	0,878 ±1,36 %
березень	0,803 ±1,9%	0,851 ±1,81 %	0,862 ±1,44 %	0,860 ±1,25 %	0,839 ±1,59 %	0,830 ±1,68 %	0,821 ±2,01 %	0,814 ±2,13 %	0,812 ±2,2 %	0,811 ±1,91 %
Квітень	0,754 ±1,4%	0,771 ±1,77 %	0,776 ±1,7 %	0,767 ±1,67 %	0,755 ±1,69 %	0,751 ±1,75 %	0,740 ±1,89 %	0,740 ±2,08 %	0,729 ±1,29 %	0,730 ±2% %
травень	0,812 ±1,9%	0,817 ±1,34 %	0,838 ±2,4 %	0,827 ±2,5 %	0,792 ±2,32 %	0,782 ±2,38 %	0,752 ±1,64 %	0,741 ±1,92 %	0,734 ±2,9 %	0,730 ±1,79 %
червень	0,734 ±1,3%	0,775 ±1,23 %	0,748 ±1,68 %	0,738 ±1,79 %	0,754 ±1,31 %	0,756 ±1,28 %	0,769 ±1,07 %	0,752 ±0,89 %	0,770 ±1,13 %	0,770 ±1,15 %
Липень	0,734 ±0,87 %	0,754 ±1,3 %	0,726 ±1,52 %	0,713 ±0,26 %	0,722 ±1,3 %	0,722 ±1,32 %	0,730 ±1,38 %	0,738 ±1,55 %	0,730 ±1,51 %	0,730 ±1,54 %
серпень	0,718 ±1,51 %	0,757 ±1,01 %	0,725 ±2,02 %	0,714 ±2,19 %	0,742 ±1,22 %	0,747 ±1,08 %	0,771 ±0,65 %	0,791 ±0,92 %	0,779 ±0,69 %	0,780 ±0,71 %
вересень	0,772 ±2,29 %	0,788 ±1,07 %	0,802 ±0,77 %	0,809 ±0,78 %	0,797 ±1,02 %	0,796 ±1,09 %	0,787 ±1,36 %	0,754 ±1,32 %	0,783 ±1,47 %	0,783 ±1,49 %
жовтень	0,776 ±0,92 %	0,779 ±1% %	0,728 ±0,78 %	0,722 ±0,83 %	0,761 ±0,79 %	0,796 ±0,92 %	0,801 ±1,65 %	0,867 ±1,92 %	0,816 ±1,98 %	0,818 ±2% %
листопа д	0,814 ±1,29 %	0,835 ±0,99 %	0,795 ±1,67 %	0,805 ±2,12 %	0,825 ±1,35 %	0,832 ±1,36 %	0,857 ±1,31 %	0,856 ±1,25 %	0,865 ±1,39 %	0,866 ±1,4 %
грудень	0,846 ±1,38 %	0,864 ±1,19 %	0,820 ±1,9 %	0,813 ±2,2 %	0,851 ±1,44 %	0,859 ±1,39 %	0,892 ±1,4 %	0,904 ±1,52 %	0,905 ±1,53 %	0,906 ±1,55 %

5.Форми прогнозованих ГЕН знайдемо за формулою

$$F_j^{\text{прогноз}}(t) = \frac{F_j^*(t)}{F_j^{\text{max}}} \quad (7)$$

Таблиця 4. Прогнозовані ГЕН

Місяць	Прогнозовані ГЕН									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
січень	1	0,989	0,992	1	0,984	0,994	0,948	0,933	0,931	0,930
лютий	0,907	1	0,993	0,972	1	1	0,979	0,969	0,969	0,969
березень	0,915	0,980	1	0,978	0,972	0,960	0,920	0,900	0,897	0,895
квітень	0,859	0,888	0,900	0,873	0,875	0,868	0,830	0,819	0,806	0,806
травень	0,925	0,941	0,972	0,941	0,918	0,904	0,843	0,820	0,811	0,806
червень	0,836	0,893	0,868	0,840	0,874	0,874	0,862	0,832	0,851	0,850
липень	0,836	0,867	0,842	0,811	0,837	0,835	0,818	0,816	0,807	0,806
серпень	0,818	0,872	0,841	0,812	0,860	0,864	0,864	0,875	0,861	0,861
вересень	0,879	0,908	0,930	0,920	0,924	0,920	0,882	0,834	0,865	0,864
жовтень	0,884	0,897	0,845	0,821	0,882	0,889	0,898	0,959	0,902	0,903
листопад	0,927	0,962	0,922	0,916	0,956	0,962	0,961	0,947	0,956	0,956
грудень	0,964	0,995	0,951	0,925	0,986	0,993	1	1	1	1

6. Для кожного розрахункового року обчислюємо коефіцієнти заповнення прогнозованого ГЕН за формулою:

$$k_j^{зан} = \frac{1}{T} \sum_{j=1}^J F_j^{прогноз}(t) \quad (8)$$

Таблиця 5. Коефіцієнти заповнення ГЕН для прогнозованих років

Роки	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
$K^{зан}$	0,896	0,933	0,921	0,901	0,922	0,922	0,900	0,892	0,888	0,887

7. Для кожного року перспективного періоду обчислюємо максимальні значення ГЕН

$$P_j^{макс\ прогноз} = \frac{W_j}{k_j^{зан} \times T} \quad (9)$$

8. Для кожного року перспективного періоду обчислюємо прогнозовані ГЕН

$$P_j^{прогноз} = P_j^{макс\ прогноз} \times F_j^{прогноз}(t) \quad (10)$$

Кожне значення  $P_j^{прогноз}$  можливо зкоригувати з урахуванням тарифного фактору через функцію попиту.

$$P_j^{кор} = P_j^{прогноз} \left[ 1 + \varepsilon_j \left( 1 - \frac{s_j(f)}{s_j} \right) \right] \quad (11)$$

## Висновки

Завдяки застосованому методу формових відображень було МІНІМІЗОВАНО невизначеність електричних навантажень, що призвело до найкращого

наближення прогнозованого графіку навантаження до майбутнього фактичного. Це дасть змогу спланувати роботу підприємства, зменшити втрати електроенергії в електричній мережі та оплату за електроенергію при використанні диференційованого тарифу.

**Список літератури:** 1. *М.М.Кулик*, академік НАН України, С.В.Дубовський, канд.техн.наук. Проблеми загальної енергетики №10/2004 – С.7 – 11. 2. *Гнеушев А.Н.* Теория вероятности и математическая статистика. – Запорожье: изд. ЗИЭИТ, 2003. – 76 с.

*Поступила в редколлегию 23.11.2011*

**УДК 621.65**

**В.Г.НЕНЯ**, канд.техн.наук, доц., СДУ, Суми

**С.О. ХОВАНСЬКИЙ**, канд.техн.наук, ст.викл., СДУ, Суми

**Л.В. ГАПИЧ**, асп., СДУ, Суми

**Е.В.КОЛІСНІЧЕНКО**, канд.техн.наук, доц., СДУ, Суми

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАКОНУ РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ДРОСЕЛЮЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

Розглядається робота насосної станції з паралельно працюючими відцентровими насосами з дросельним регулюванням. Отримані аналітичні залежності для характеристики насосної станції та методика визначення ефективності її роботи.

**Ключові слова:** насосна станція, насос, дросельне регулювання

Рассматривается работа насосной станции с паралельно работающими центробежными насосами с дросельным регулированием. Получены аналитические зависимости для характеристики насосной станции и методика определения эффективности ее работы.

**Ключевые слова:** насосная станция, насос, дросельное регулирование

The work of pumping station with centrifugal pumps working in parallel with throttle control is considered in the article. Analytical dependence for the pumping station's characteristic and the methods for determining its effectiveness are represented.

**Keywords:** pumping station, pump, throttle control

### **1. Вступ**

Відцентрові насоси належать до найбільш поширеного класу лопатевих гідравлічних машин і використовуються у всіх галузях господарства, а частка енергії, що споживається приводом насоса, за різними джерелами оцінюється від 18 до 22 % усієї електроенергії, що використовується в світі [1]. Проведений аналіз науково-технічних публікацій показав, що згідно зі світовими тенденціями зниження обсягів енергоспоживання для насосного обладнання передбачено на рівні 40 %, у тому числі за рахунок збільшення максимального рівня коефіцієнта корисної дії (ККД) насоса (до 3 %), узгодження параметрів мережі і насоса (близько 4 %), адаптації (в межах 4 %) і регулювання (18 – 20%) насоса, відповідно до режимів його експлуатації протягом усього життєвого циклу, та оптимізації системи подачі та розподілу води в цілому (10 – 12 %) [1]. Удосконалення експлуатаційних техніко-економічних показників насосного