

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКА ДЕРЖАВНА ІНЖЕНЕРНА АКАДЕМІЯ

ПАСТУХОВ ОЛЕКСАНДР ВІКТОРОВИЧ

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА
СТИСНУТОГО ПОВІТРЯ В УМОВАХ ВАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»

Спеціальність: 8.05070108– Енергетичний менеджмент

Автореферат магістерської кваліфікаційної роботи

Запоріжжя – 2016

Дипломна робота виконана на кафедрі «Ефективності енергозабезпечення»

Науковий керівник к.т.н., доц. каф. ЕЕЗ Левченко Сергій Андрійович

Рецензент:

Провідний інженер ДнЕСДП НЕК «Укренерго» Величко Віктор Вікторович

Захист відбудеться

«14» січня 2016р.

Дипломну роботу надано до захисту

«13» січня 2016р.

Завідувач кафедри

Качан Ю.Г.

Декан факультету

Чепрасов О.І.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Проблема енергозбереження останніми роками є однією з найважливіших проблем промисловості, вирішення якої стоїть перед сучасним підприємством. В умовах ринкової економіки спожита електроенергія лягає на собівартість продукції, а її надлишкове споживання призводить до зниження конкурентоспроможності продукції.

Практично всі споживачі електроенергії в промисловості направляють свої зусилля на зменшення виробничих витрат, щоб бути більш конкурентоздатними в своєму сегменті ринку. А оскільки майже на всіх промислових підприємствах використовується в своїх технологічних процесах стиснуте повітря, варто звернути увагу на економію енергії, що витрачається при його виробництві.

Вартість виробництва стиснутого повітря складається з вартості обладнання (капіталовкладень), витрат на проведення технічного обслуговування та витрат на енергоресурси. Доля енерговитрат від загальної кількості витрат складає приблизно 70%. З урахуванням зростання тарифів на електричну енергію найгострішим питанням для підприємств стає питання підвищення ефективності виробництва стиснутого повітря.

Мета магістерської роботи. Метою магістерської роботи є аналіз і дослідження можливості впровадження та доцільність заходів щодо підвищення ефективності виробництва стиснутого повітря.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні задачі:

- дослідити структуру виробітку продукції киснево-компресорного цеху;
- аналіз споживання енергоресурсів киснево-компресорним цехом;
- дослідити розподіл стиснутого повітря в умовах підприємства;

– проаналізувати за допомогою математичної моделі споживання електричної енергії та оцінити можливість зниження споживання електричної енергії на виробництво стиснутого повітря компресорами;

– аналіз всіх можливих шляхів підвищення енергетичної ефективності роботи компресорів;

– розрахунок показників ефективності запропонованих заходів та прийняття на їх основі обґрунтованих рішень щодо доцільності впровадження заходів.

Об’єктом дослідження є повітряний турбокомпресор К-1500 в умовах підприємства ВАТ «Запоріжсталь».

Предметом дослідження є процес виробництва стиснутого повітря на підприємстві.

Методи досліджень. Аналіз, порівняння, моделювання.

Публікації. За результатами роботи підготовлені тези до наукової конференції.

Структура і об’єм магістерської роботи:

Магістерська робота складається із вступу, 3 розділів, висновків, переліку посилань.

Робота викладена на 90 сторінках комп’ютерного тексту, включає 9 таблиць, 28 рисунків, перелік посилань із 32 найменувань.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми, необхідність розгляду заходів щодо підвищення ефективності виробництва стиснутого повітря в промисловості, зниження енергетичних витрат при його виробництві.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ КИСНЕВО-КОМПРЕСОРНОГО ЦЕХУ ВАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»

У першому розділі визначено роль киснево-компресорного цеху в загальній структурі підприємства.

Досліджено структуру виробітку продукції киснево-компресорним цехом та її характеристики. Визначено, що найбільшим виробляємими продуктами є стиснуте повітря, кисень, азот, а також інші продукти розділу повітря.

Проаналізовано споживання енергетичних ресурсів цехом, що засвідчило про найбільшу частку споживання електричної енергії. Найбільш енергоємним процесом виявилось отримання кисню, однак для цього процесу використовується один з найновіших та найефективніших на сьогодні агрегатів – повітрянорозподільна установка ПРУ-60, тому потенціалу енергозбереження в цьому процесі на даний час майже немає. В той же час процес отримання стиснутого повітря є також доволі витратним і для нього використовується обладнання з великим ступенем зносу, тому в цьому процесі існують великі передумови до енергозбереження.

Розглянуто принципову схему виробництва стиснутого повітря та продуктів його розділу. Досліджено розподіл стиснутого повітря в умовах всього підприємства. Визначено, що за наявної структури роботи комбінату споживання стиснутого повітря є майже сталою величиною та змінюється на досить невелике та не впливове значення. Досліджено, що на виробіток стиснутого повітря впливає кількість працюючих доменних печей, споживаючих кисень, що виробляється зі стиснутого повітря.

Розглянуто склад та обладнання киснево-компресорного цеху. Визначено, що повітряні турбокомпресори К-1500 потужністю 10 МВт та продуктивністю $1500\text{ м}^3/\text{хв}$. кожний є одними з найбільших споживачів електричної енергії в цеху.

Зроблено висновок, що основні заходи з енергозбереження за наявної специфіки роботи цеху мають бути направлені на зниження їх електроспоживання.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ КОМПРЕСОРАМИ

У другому розділі розглянуто відцентровий повітряний турбокомпресор К-1500. Зокрема, його конструкцію, відмінності від компресорів іншого виконання, варіанти виконання різних способів охолодження стиснутого повітря.

Для оцінки споживання електричної енергії повітряними турбокомпресорами з ряду математичних моделей обрано математичну модель, яка є найбільш доцільною. Після виключення характеристик, що безпосередньо не впливають на потужність компресора модель споживання електроенергії компресорними агрегатами набула наступного вигляду:

$$E_k = \sum_{i=1}^n N_i^k \cdot T_i^k, \quad (1)$$

де N_i^k – потужність компресора, кВт;

T_i^k – час роботи компресора, год.;

i – номер компресора.

Потужність компресора визначається за формулою:

$$N_i^k = \frac{10^{-3} \cdot G_i \cdot R \cdot k}{k-1} \cdot \sum_{j=1}^m \Delta t_{oj} + N_{Mi} + N_{Ki} + N_{Bi} + \Delta N_i, \quad (2)$$

де G_i – масова витрата вхідного повітря, кг/с;

R – газова постійна, $R=287$ Дж/кг·К;

k – показник адіабати для повітря, $k=1,4$;

Δt_{oj} – приріст температури повітря в першій, другій та третій секціях стиснення компресора, К;

j – номер секції стиснення компресора;

N_{Mi} – механічні втрати, кВт;

N_{Ki} – втрати на конвекцію, кВт;

N_{Bi} – втрати на випромінювання, кВт;

ΔN_i – втрати потужності компресора, спричинені падінням тиску повітря в секціях проміжних повітроохолоджувачів, кВт.

З урахуванням всіх спрощень модель споживання електричної енергії компресором набула вигляду:

$$E_k = \sum_{i=1}^n \left(\frac{10^{-3} \cdot G_i \cdot R \cdot k}{k-1} \cdot \sum_{j=1}^m \Delta t_{oj} + \Delta N_i \right) \cdot T_i^k \quad (3)$$

Проаналізувавши математичну модель отримано, що зміну споживання електричної енергії компресорами може викликати вплив на 3 показники:

- масову витрату всмоктуваного повітря, тобто його кількісний показник або його щільність;
- приріст температури повітря в секціях стиснення;
- час роботи компресорів.

З урахуванням складного та трудомного процесу запуску та останову компресорів, які представляють собою потужні повітряні установки з дуже ретельною підготовкою до роботи, а також з існуванням вірогідності необхідної постійної безперебійної подачі стиснутого повітря в загальну систему на підприємствах вплив на показник часу роботи компресорів є досить делікатним питанням, до якого потрібно підходити з великою обережністю. Тому більш прийнятним є варіант впливу на два інших показники.

Визначено, що на виробничі характеристики роботи компресорів впливають два фактори:

- сезонність та відповідно зміна щільності повітря на вході в компресор;
- ступінь охолодження повітря в повітроохолоджувачах.

Тому вирішено розглядати заходи з підвищення ефективності виробництва стиснутого повітря за допомогою математичної моделі, що включають в себе вплив саме на ці показники.

ЗАХОДИ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА СТИСНУТОГО ПОВІТРЯ

В третьому розділі розглянуто три заходи щодо підвищення ефективності виробництва стиснутого повітря, розраховано показники ефективності цих заходів та прийняті на їх основі обґрунтовані рішення щодо доцільності впровадження заходів.

Розглянуто захід з підвищення ефективності виробництва стиснутого повітря у вигляді заміни повітроохолоджувачів з алюміній-латунних сплавів на мідні. Через більший коефіцієнт теплопровідності досягається більший ступінь охолодження повітря та збільшення продуктивності компресора. Після впровадження запропонованого заходу змінюється температурний режим компресора. За допомогою математичної моделі розраховано нові робочі характеристики компресорів. Досягається збільшення продуктивності двох або трьох компресорів приблизно на 5000 м³/год. кожен, що дозволяє вивести з роботи в резерв компресор малої потужності. Як наслідок, зменшуються питомі витрати електричної енергії на виробництво стиснутого повітря, споживання електричної енергії у розмірі приблизно 1 млн. кВт·год. на місяць залежно від режиму роботи. Капіталовкладення в захід складатимуть приблизно 10.7 млн грн. Термін окупності в залежності від структури роботи, часу впровадження та пори року складатиме від 6 до 8 місяців.

Розглянуто можливість впровадження перетворювача частоти, що дозволяє здійснювати регулювання роботи приводу компресора. За допомогою математичної моделі розраховано зменшення споживання електричної енергії. Захід не рекомендовано до впровадження, адже має високі стартові капіталовкладення, великий термін окупності – понад 6 років, а також підвищення питомих витрат. З урахуванням можливих змін споживання стиснутого повітря, за наявного парку компресорних машин, більш прийнятною є ситуація варіативності роботи агрегатів – тобто, наприклад, замість однієї машини великої потужності вмикаються дві малої або навпаки, що є безвитратним процесом.

Також розглянуто можливість додаткового зволоження всмоктуваного повітря в літній період, що підвищить його щільність та збільшить продуктивність компресорів. За допомогою математичної моделі розрахована зміна електроспоживання та отримано збільшення продуктивності та зменшення питомих витрат. Однак, за наявної схеми роботи запровадження такого проекту не доцільне, адже перевиробіток стиснутого повітря тільки збільшується, але для виводу одного з компресорів з роботи цього не вистачає. Проте, приблизна сталість питомих витрат свідчить, що в майбутньому при можливій зміні споживання стиснутого повітря такий захід може стати ефективним та доцільним.

ВИСНОВКИ

За результатами роботи зроблено наступні висновки:

1. В роботі досліджено структуру виробітку продукції киснево-компресорного цеху, що складається зі стиснутого повітря, кисню, азоту.
2. Проаналізовано споживання енергоресурсів цехом, серед яких найбільшу частку займає електрична енергія, а найбільшими споживачами є повітряні турбокомпресори. Досліджено розподіл стиснутого повітря в умовах підприємства, який свідчить про приблизну сталість його споживання.
3. За допомогою математичної моделі проаналізовано споживання електричної енергії компресорами, розглянуто фактори впливу на її споживання.
4. Проаналізовано всі можливі шляхи підвищення енергетичної ефективності роботи компресорів, розраховано показники ефективності впроваджуваних заходів та прийнято рішення щодо їх доцільності.
5. Розраховано та запропоновано до впровадження захід по заміні проміжних повітроохолоджувачів, в залежності від режиму роботи цеху збільшення продуктивності складатиме 10-15 тис. м³/год. За допомогою математичної моделі розраховано можливу економію споживання електричної енергії, яка складатиме приблизно 1 млн. кВт·год на місяць. Сумарні

капіталовкладення в захід складатимуть близько 10.7 млн. грн., строк окупності складатиме відповідно від 6 до 8 місяців.

6. За допомогою математичної моделі розраховано зміну споживання електричної енергії при застосуванні перетворювача частоти та додаткового зволоження вхідного повітря в літній період. Великі капіталовкладення у розмірі близько 31 млн. грн. та строк окупності понад 8 років свідчать про недоцільність застосування перетворювача частоти. Приблизна сталість питомих витрат при додатковому зволоженні повітря свідчить про доцільність цього заходу в майбутньому.