

УДК 662.957

Ревун М.П. – д-р техн. наук, проф., ЗДІА

Баріщенко О.М. – канд. техн. наук, ст. викладач, ЗДІА

Сорока А.Ю. – студент магістр, ЗДІА

Пазюк Ю.М. – канд. техн. наук, доц., ЗДІА

РОЗРОБКА ПРОГНОЗУЮЧОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НАГРІВОМ МЕТАЛУ В ТЕРМІЧНИХ ПЕЧАХ З МЕТОЮ ЕКОНОМІЇ ПАЛИВА

Актуальність розглянутого питання обґрунтовується сформованою економічною ситуацією на виробничому ринку країни, а саме збільшенням ціни на газоподібне паливо, що спричиняє вимушений ріст цін на метал і призводить до того, що метал стає не конкурентоспроможним на світовому ринку.

Вступ

У період кризи роль управління й організації виробництва істотно зростає. При стабільній економіці ефект енергозбереження від підвищення рівня управління, оцінений різними експертами від 5...10 до 30 %, а в цей час в умовах України, близько 75 % перебільшення витрати енергії на виробництво металу, викликано складнощами управління виробництвом. Отже, з'являється необхідність в підвищенні рівня управління, а також приділенні важливого значення питанню прогнозування діяльності печей термічного цеху, що дасть можливість знизити витрати палива [1].

Прогнозування роботи ділянки камерних печей

Мета роботи полягає в розробці програми прогнозування роботи ділянки камерних печей термічного цеху в системі Matlab, яка включатиме в себе наступні можливості: доступ до різних структур усього цеху; простеження вхідних та вихідних даних цеху; автоматизація прийому замовлень; перегляд стану та характеристик кожної печі; продумування виконання замовлень; попередній розрахунок тривалості термообробки; доступ до інформації про дату та час закінчення термообробки кожної завантаженої печі; формування набору операцій адьюстажної обробки для кожної марки сталі.

Для розрахунку тривалості термообробки розроблена математична модель, яка адекватна реальному об'єкту. При аналізі існуючих ма-

тематичних моделей для даної програми прогнозування вибраний наступний шлях при розробці програми: для відповідності результатів найкраще підійдуть графіки нагріву, які використовуються на реальному виробництві в термічному цеху заводу «Дніпроспецсталь» (ДСС), тому що вони дадуть змогу з максимальною точністю розрахувати тривалість термообробки металу в камерних печах термічного цеху. Для розрахунку витрат палива в роботі використаний розрахунок теплового балансу камерної печі [2].

Практична значимість розробки даної програми полягає в тому, що оператор у будь-який момент часу може одержати інформацію про стан печей, прийнятих замовленнях, а також виконати попередній розрахунок часу термообробки сортового металу з метою порівняння роботи печей при різних умовах.

У зв'язку із ситуацією на металургійному ринку країни, обумовленої подорожчанням газоподібного палива, одним з перших важливих завдань є заходи, які змогли б забезпечити економію палива, не порушуючи технологію виробництва. Обстеження пічного господарства металургійних заводів України показало, що питомі витрати палива виявляються більш високими в порівнянні зі світовим рівнем. Оптимізація теплової роботи печей виявляється економічно більше доцільною, ніж введення в дію додаткових потужностей.

До істотної економії палива може спричинити зниження частки теплоти, що йде на розігрів кладки в процесі підйому температури на початку нагрівання, що пов'язане з її масивністю й періодичністю роботи печі, обумовленої заданим графіком нагріву. Приміром, у загальному тепловому балансі, витрата теплоти, яка акумулюється кладкою, в камерній печі фасонно-сталеливарного цеху заводу ДСС відповідно до балансових випробувань досягає 28 % [1]. Таким чином, коефіцієнт корисної дії в камерній печі рідко досягає 25 % [3, 4].

Тому економічно доцільно завантаження печей робити безпосередньо після вивантаження садки, так, щоб температура в печі становила $300 \div 400$ °С. А тому що простої камерних печей, у зв'язку зі сформованою ситуацією на ринку металургії, становлять значну частину часу роботи печей, аж до 40 – 50 %, то з'являється необхідність у прогнозуванні роботи термічних печей цеху [2].

Підвищення ефективності керування виробництвом

Все більшу значимість здобувають питання підвищення ефективності керування виробництвом. У цьому зв'язку ні для кого не секрет, що недостатня увага до проблем розвитку й удосконалювання інфор-

маційно-матеріальних потоків приводить лише до неминучих додаткових витрат.

Для якісного ведення процесу нагрівання металу необхідно мати уявлення про процес, як про систему матеріальних (рис. 1) і інформаційних (рис. 2) потоків усередині цієї системи.

Вихідний матеріал, що надходить на об'єкт керування – сортовий прокат – матеріальний потік, кінцева продукція – термічно оброблений метал. На об'єкт, крім сортового прокату подаються – енергетичні потоки, газ і повітря, а видаляються димові гази.



Рис. 1. Схема інформаційних потоків камерної печі

Для керування камерними печами термічного цеху використовуються взаємозалежні інформаційні потоки. Повноцінне використання цих потоків дозволяє більш ефективно організувати керування виробництвом металургійної продукції підвищеної якості.

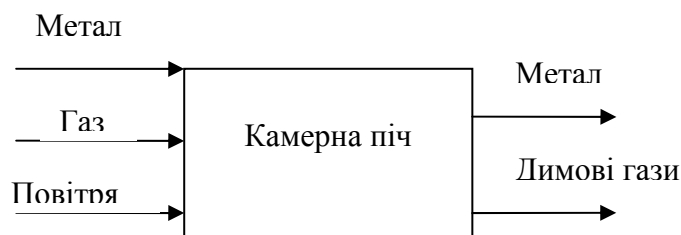


Рис. 2. Схема матеріальних потоків камерної печі

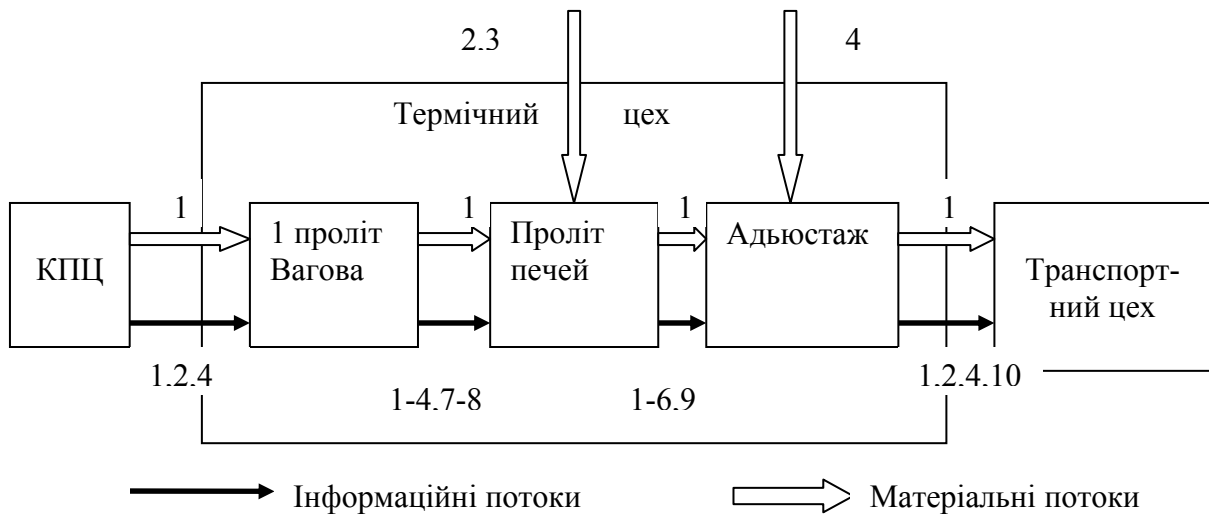


Рис. 3. Схема матеріальних і інформаційних потоків

У термічному цеху є наступні матеріальні потоки: 1 – метал; 2 – газ; 3 – повітря; 4 – лужна кислота. Інформаційні потоки: 1 – марка сталі; 2 – профіль; 3 – режим термообробки; 4 – тоннаж; 5 – витрата газу; 6 – тривалість термообробки; 7 – початкова температура металу; 8 – перепад температур; 9 – кінцева температура металу; 10 – номер замовлення, його якість.

Всі матеріальні потоки супроводжує економічна або технологічна інформація: вимоги до замовлення з виробництва металопродукції; норми видаткових матеріалів на виробництво продукції; технологічні інструкції з ведення металургійних процесів; норми витрат матеріалів і вимоги до технології виробництва; марка сталі й технологічні режими виробництва; інформація про якість готової продукції, а також про виконання замовлень на виробництво продукції.

Інформаційні потоки 4 – 5 визначають технологію виробництва й норми витрат матеріалів. Інформаційний потік 10, що формується в службах контролю (центральна лабораторія контролю й відділ технічного контролю), містить інформацію про якість готової продукції з відібраних технологічних проб хімічного складу й зразків, по яких виконується оцінка розвитку внутрішніх і зовнішніх дефектів сталі.

Складність інформаційних потоків і їхній об'єм вимагають розробки системи програмних продуктів для їхньої обробки. У якості вихідних даних для цієї системи використовується набір показників, зібраних у ході пасивного або активного експерименту.

Для вдосконалювання існуючих технологій на будь-якому етапі переділу металургійної продукції необхідне дослідження потенціалу їх-

нього розвитку. Із цією метою в комплекс програмних продуктів включається програмне забезпечення (ПО) для оптимізації роботи цеху.

У результаті взаємодії всіх частин комплексу прогнозується продуктивність цеху. Отримана нова інформація приймається, як основа при прийнятті рішень про роботу обладнання.

Моделювання прогнозуючої системи керування

Моделювання прогнозуючої системи керування термічним цехом складається з наступних етапів: моделювання системи керування, розгляду умов роботи прогнозуючої системи й безпосередньо розробки моделі керування термічним цехом на ЕОМ. При комп'ютерному моделюванні здійснювалось відтворення, або імітація, об'єкта на ЕОМ за допомогою програми, що містить у собі закономірності й інші вихідні дані, отримані на етапі аналізу [5].

Проблема термічного цеху полягає в тому, що завантаження печей відбувається не сплановано, що виключає зменшення втрат тепла й палива за рахунок завантаження металу в піч безпосередньо після вивантаження обробленого металу із цієї печі. Працівникам цеху важко постійно тримати інформацію про стан кожної печі, про замовлення, про те, через скільки та яка із печей звільняється. Процес ухвалення рішення може бути при цьому затягнутим у часі. Також важким є те, що необхідно постійно передавати цю інформацію між змінами. Тому помилки в ухваленні рішення, а також втрати тепла й палива не виключені, і ймовірність їхнього виникнення значна.

Розроблена система прогнозування роботи термічних печей дозволить значно спростити роботу термічного цеху, привести до економії ресурсів і забезпечити точне керування технологічними процесами, узгодити роботу між печами, систематизувати завантаження, технологічний режим і вивантаження обробленого металу на термічних печах цеху. На базі комп'ютерного планування виробництва можна гарантувати одержання бажаних результатів.

Переваги прогнозування роботи термічних печей наступні:

- 1) оптимізація процесу зі скороченням витрат на паливо;
- 2) скорочення втрат тепла;
- 3) максимізація прибутків;
- 4) забезпечення точної інформації, необхідної для прийняття кращих рішень.

Саме планування завантажень печей у сформованій ситуації на металургійному ринку країни дозволить зекономити паливо та не потребує реконструкції печей і обладнання, що є скрутним для підприємства.

Термічний цех являє собою осередок металургійного виробництва, тому що термічна обробка в сучасному машинобудуванні й виробництві напівфабрикатів на металургійних заводах має досить важливе значення, це невід'ємна ланка технологічного циклу виробництва металопрокату. Термічний цех на пряму пов'язаний з кувальнопресовим цехом, тому що саме із цього цеху надходить метал на термообробку, а також з транспортним цехом, у який надходить оброблений метал. У самому термічному цеху є три ділянки, які також безпосередньо зв'язані між собою. За допомогою програми з'являється можливість бачити цех у загальній схемі ланцюга металургійного виробництва (рис. 4).

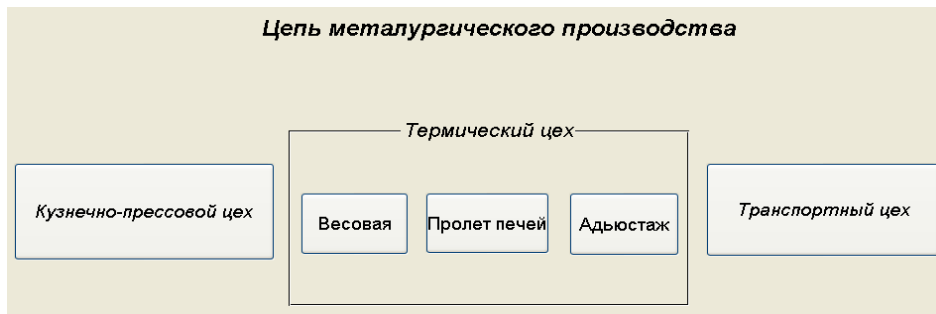


Рис. 4. Термічний цех – як осередок виробництва

Дана частина програми дозволить звернутися до різних структур усього цеху й простежити вхідні й вихідні дані цехи.

На вагову ділянку – вхід термічного цеху, надходить інформація про замовлення на метал, а саме номер замовлення, марка сталі, профіль, тоннаж і дата виконання замовлення. Цю інформацію можна увести за допомогою зручного інтерфейсу у вікні вагової ділянки, що представлено на рис. 5.

Прием заказов

№ заказа:

Марка стали:

Профиль:

Тоннаж:

Дата приема:

Дата выполнения:

июл 2009 | июл | 2009

Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс
29	30	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31	1	2
3	4	5	6	7	8	9

Рис. 5. Прийом замовлень

Введена інформація зберігається в документі. При виконанні певного замовлення необхідно поставити мітку в документі, щоб виключити плутанину. Також необхідно відзначити, коли замовлення на виконанні (рис. 6).

№ заказа	Марка стали	Профиль	Тоннаж	Дата приема	Дата выполнения	Состояние
1	P12Ф3	Бунты	12	05.04.2009	21.04.2009	выполнен
2	20X	Прутки	25	06.04.2009	19.05.2009	-
3	P12Ф3	Подкат	20	07.04.2009	12.06.2009	-
4	08X18H10T	Бунты	22	08.04.2009	04.06.2009	-
5	15 08X18H10T	Бунты	26	26.04.2009	23.07.2009	-
6	16 P18	Прутки	26	26.04.2009	23.07.2009	-

Рис. 6. Документ замовлень

Самою головною складовою термічного цеху є проліт печей (рис. 7), що складається із двох рядів по 13 печей у кожному. За допомогою програми можна звернутися до будь-якої печі прольоту, переглянути її характеристики й параметри, змінити стан та інше. Формування садки відбувається згідно документу про замовлення.

26-Apr-2009 12:10:26

Марка стали: Быстрорежущая, P18

Режим термообработки: Отжиг

Вес: []

Профиль: Бунты

Перейти к адьюстаж. обр-ке

Вернуться назад

Сотношение газ-воздух

2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26

27-Apr-2009 18:15:15 27-Apr-2009 18:18:11 27-Apr-2009 18:19:08

1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25

28-Apr-2009 02:54:50 28-Apr-2009 02:56:24 27-Apr-2009 13:16:40 27-Apr-2009 06:17:44

Примечание: ■ - печь в загруженном состоянии □ - печь свободна

Рис. 7. Проліт печей

Аналіз отриманих результатів досліджень

Головною функцією програми є прогнозування роботи печей, тобто можливість заздалегідь продумувати виконання замовлень із метою економії палива й зменшення втрат тепла за рахунок завантаження металу в гарячу піч. Це відбувається шляхом попереднього розрахунку часу знаходження металу в печі при термообробці. Програма дозволяє виконати цей розрахунок, виводячи час, максимально близький до реального часу термообробки в печі термічного цеху (рис. 8). Прийнявши рішення, у яку піч раціонально зробити завантаження, а також розрахувавши тривалість термообробки, відбувається завантаження печі по натисканню на кнопку «Завантажити». У головному вікні можна побачити, що осередок завантаженої печі змінить колір на червоний, що говорить про те, що піч перебуває в завантаженому стані. Під осередком виводиться дата й час закінчення термообробки, що і сприяє виконанню головної функції програми, тому що побачивши, приміром, що піч звільняється через годину, економічно доцільніше почекати цю годину й завантажити в неї чергову садку металу, ніж завантажити цю садку в холодну піч, при цьому втративши значну частку тепла, що йде на розігрів кладки.

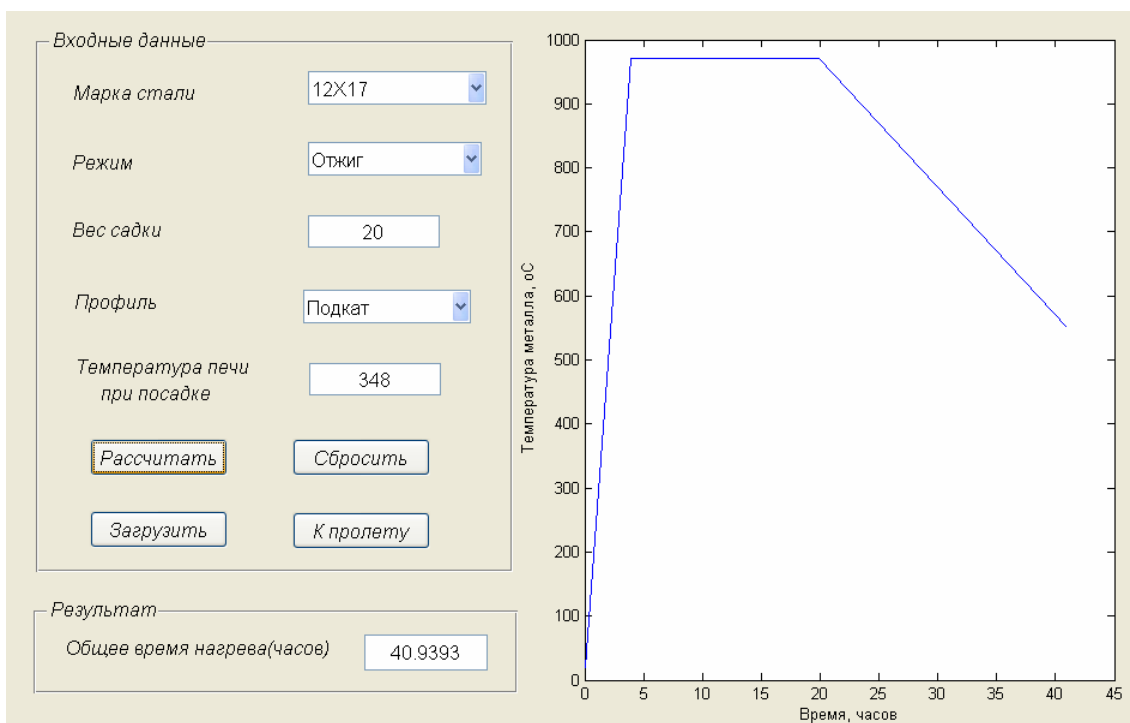


Рис. 8. Розрахунок тривалості відпалу 12X17 при початковій температурі печі 348 °C в печі № 16

Завдяки завантаженню металу в піч, безпосередньо після вивантаження з неї попередньої садки, зменшується тривалість термообробки.

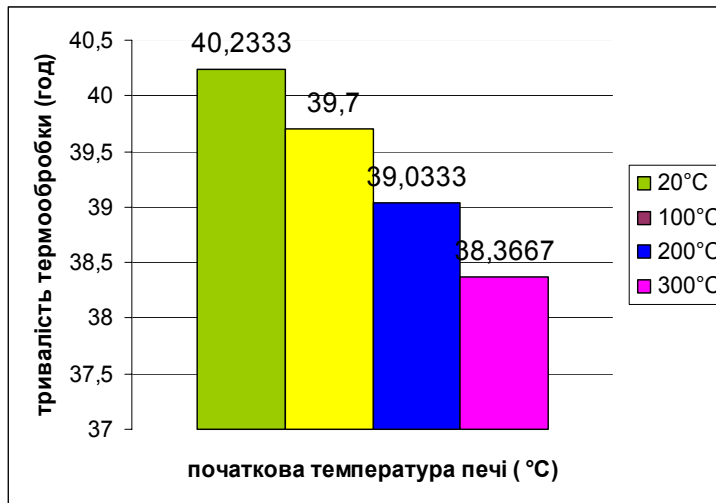


Рис. 9. Тривалість термообробки при різній початковій температурі печі

Згідно діаграми, представленої на рис. 9, можна наочно оцінити ефективність при завантаженні металу в гарячу піч. Різниця в часі між загрузкою в піч при температурах 300 °C і 20 °C становить 1,87 годин. Економія при цьому становить до 600 м³/год палива.

Вуглецеві сталі вважається доцільніше піддавати нормалізації, тому що цей режим являється значно менш тривалим. Але при цьому тривалість часу досягнення температури початку витримки трохи більша, тому що температура початку витримки для нормалізації для кожної сталі становить на 20 – 30 °C більше, ніж для відпалу. При початковій температурі 20 °C ця різниця становить 20 хвилин.

Уже при термообробці сталі Ст 3ПС при початковій температурі печі 300 °C різниця в часі досягнення температури витримки становить 8 хвилин.

Висновки

Переваги впровадження програми прогнозування роботи камерних печей у термічному цеху: економія палива; підвищення продуктивності термічного цеху; збільшення ККД печей; зниження часу технологічного процесу й підвищення коефіцієнту використання печей; зниження втрат тепла; легкість і доступність у використанні; можливість здійснювати прогноз роботи печей; автоматизація прийому замовлень; здійснення доступу до будь-якого осередку цеху; координація роботи цеху; узгодження роботи термічних камерних печей між собою й з іншим технологічним устаткуванням; можливість ухвалення рішення про завантаження печей.

Результати теоретичних досліджень показали, що скорочення часу витримки на 8 – 120 хвилин без змін якості термообробки, дозволяє отримати реальну економію палива до 600 м³/год.

Розроблене програмне забезпечення для прогнозування керуванням ділянки камерних печей планується до використання в термічному цеху заводу ДСС.

Список літератури

1. <http://www.cnews.ru/reviews/free/metal/in-line/> Інформаційні технології в металургії 2001.
2. Печи черной металлургии: Учебное пособие для вузов. – Днепропетровск: Пороги, 2004. – 154 с.
3. Аптерман В.Н. Комплексные программы энергосбережения при термической обработке / В.Н. Аптерман, А.П. Шадрин, М.В. Зуев // Сталь. – 1995. – № 11. – С. 49 – 50.
4. Парсункин Б.Н. Обоснование требований при реализации энергосберегающих режимов нагрева металла / Б.Н. Парсункин, С.М. Андреев // Сталь. – 2002. – № 2. – С. 47 – 51.
5. http://www.steeltorg.com.ua/mp/mp_27.php Металлургические предприятия Украины.

Рукопись поступила 02.03.2009 г.