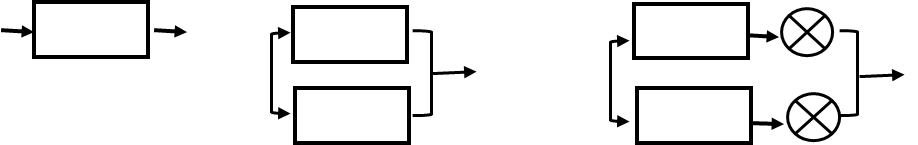
Оцінка надійності варіантів модернізації приводу та оптимізація періодичності його обслуговування

Розглянуто три варіанти виконання приводу печі (рис.1):

* один привод ( первісний варіант),
* два паралельно працюючих приводи (2-й варіант),
* два паралельно працюючих приводи із запобіжними пристроями (3-й варіант).



1 варіант 2 варіант 3 варіант

Рис.1. Структурні моделі приводів печі з точки зору надійності.

При активному (гарячому) резервуванні приводу (2-й варіант) зменшується навантаження на його ланки, збільшується довговічність деталей *Т* та наробіток на відмову. Це призводить до зменшення інтенсивності відмов λ за формулою:

*λ=1/Т=1/(Ті* (*n/ m*) 3)= *λі(m/n) 3,*

де *λі* –інтенсивність відмов приводу при його автономній роботі,

*n* і *m* – відповідно, кількість елементів системи, що достатня для функціонування та фактична кількість елементів; *n/ m=0,5.*

Окрім того, надійність роботи печі *Р* стає більшою за рахунок дублювання. Співвідношення вартості коригуючого післяаварійного ремонту *Сс* та профілактичного (превентивного) ремонту *Ср* (*cr=Cc/Cp>1*) не змінюється порівняно із первісним варіантом.

При додаванні в приводи запобіжної муфти збільшується інтенсивність відмов за рахунок її періодичного спрацьовування при перевантаженнях. Але разом із тим суттєво зменшується величина *cr* – вартість коригуючих ремонтів невелика (рис. ). Таким чином, стає актуальною задача оптимізації режимів обслуговування: з одного боку, збільшуються витрати на ремонти (негатив), а з іншого, збільшується надійність (позитив).

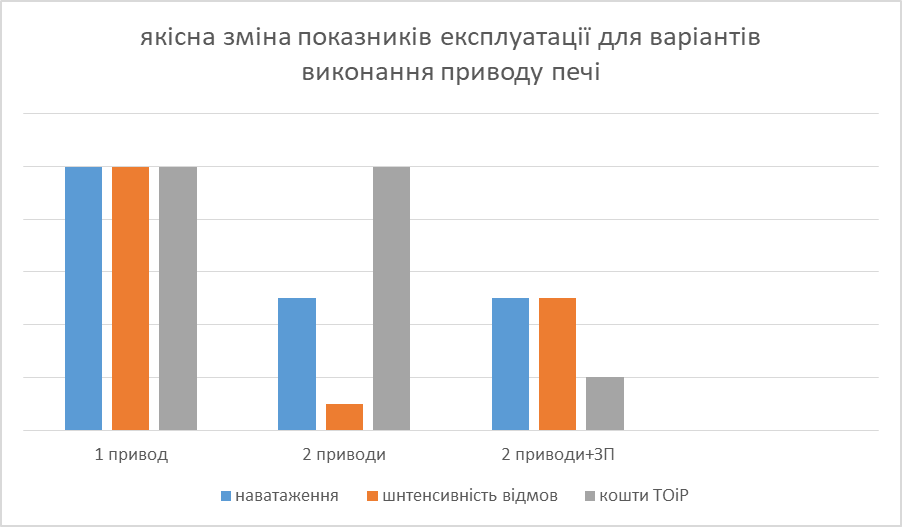


Рис.2 Схема зміни експлуатаційних показників приводу

Fig.2 Scheme for changing the operating parameters of the drive

На таких підставах встановлено вихідні дані для аналізу надійності та режимів обслуговування (табл.). Аналізувались факти значимих відмов, що призводили до порушень технологічного регламенту нагрівання заготовок.

Таблиця 1. Первісні показники надійності приводу печі

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Варіант виконання | Інтенсивність відмов,  λ (місяць-1) | Наробіток на значиму відмову, Т0 (місяць) | Відносна вартість ремонтів *cr=Cc /Cp* |
| 1 привод | 0,1 | 10 | 50 |
| 2 приводи | 0,0125 | 80 | 50 |
| 2 приводи + запобіжний пристрої | 0,025 | 40 | 10 |

Вирішення питань періодичності відновлювальних заходів, обрання стратегій технічного обслуговування наведено в фундаментальних роботах [ ]. Методика оптимізації режимів технічного обслуговування, яка адаптована до умов металургійного виробництва наведена в [ ].У найбільш поширеному випадку стан технічної системи описується двома фазами: превентивного ремонту, де питомі витрати *сp* і коригуючого ремонту, з питомими витратами *cc*, в яких відображені і наслідки відмов. Тому для них величиною *Pp (tj)* є ймовірність безвідмовної роботи системи *P(t)*, а ймовірність перебування в фазі коригуючого ремонту *Pс(tj)* відповідає ймовірності відмови, тобто *Pс (tj) = 1- P (t).* Тоді функція витрат буде виглядати як:

 . (3.1)

Якщо скористатися відносними вимірами вартісних витрат у вигляді *cr=Cc /Cp>1*, то вищенаведену формулу можна трансформувати як:

. (3.2)

В такому випадку планові ремонтні витрати *Cp* відіграють роль масштабу, а графік змін витрат буде характеризуватися функцією *C(t)/Cp*, яка набуває рис універсальності.

Щоб отримати потрібну для оптимізації функцію інтенсивності витрат, слід це вираз розділити на середнє значення напрацювання на відмову на інтервалі від 0 до максимального встановленого часу експлуатації *Т0*, якості якого для даного завдання вибирається міжремонтний (міжінспекційний) інтервал δ:

. (3.3)

Допустимо в багатьох випадках у якості рішення інтегралу, що у знаменнику, використовувати його верхню межу (δ або ΔТ).

Це рівняння можна перетворити як:

  , (3.4)

де *δР* – гарантована довговічність для імовірності *Р* при обраному міжінспекційному інтервалі δ.

За індикатор розміру питомих витрат можна прийняти коефіцієнт *а*, який буде:

, (3.5)

де *Q(t)-* функція відмов.

Індикатор *а* має розмірність часу-1. Чим він менший, тим меншими є витрати на ремонти.

Для системи з двох паралельно і одночасно працюючих елементів, з яких одного досить для функціонування об'єкта (2-й та 3-й варіанти) функція надійності буде:

 . ( )

Апроксимація інтеграла в чисельнику (3.5) або знаменнику (3.3) дає наробіток на відмову за експлуатаційний цикл (до кінця інтервалу δ), яка виглядає як:

. (4.2)

Тоді для необслуговуємих систем *T0=3/(2λ)* (це апроксимація інтегралу (3.4)). Можна вважати, що *Тδ= δР.*

Для одного структурного елемента системи (1-й варіант) знаменник формули (3.4) визначається як *δР* = *δ∙Р.*

Оптимальний інтервал відновлення *δорт* буде відповідати мінімуму на графіку (*C(t)/Cp=а)* – (*δ*). Результати порівняльного аналізу надійності різних варіантів виконання приводу наведені на рис. 2.11-2.14.

Рис.3 Оптимізація міжремонтних періодів δ для 2 варіанта виконання приводу (2 приводи).

Fig. 3 Optimization of inter-repair periods for the 2-d variant of the drive.

Рис.4. Оптимізація міжремонтних періодів для 1-го варіанту приводу.

Fig. 4. Optimization of inter-repair periods for the 1-st variant of the drive.

Рис.5. Оптимізація міжремонтних періодів для 3-го варіанту виконання приводу.

Fig. 5. Optimization of inter-repair periods for the 3rd variant of the drive.



Рис. 6. Функції надійності.

Fig. 6. Functions of reliability.

Найбільш надійна робота печі досягається при паралельному функціонуванні двох приводів. Це зрозуміло у порівнянні з одним приводом (1-й варіант). Збільшення надійності відбувається, як за рахунок дублювання, так і за рахунок зменшення навантаженності вузлів. При встановленні додатково в приводи запобіжних пристроїв надійність системи падає за рахунок їхнього періодичного спрацьовування. Але за рахунок суттєвого зменшення вартості коригуючих ремонтів *Сс* подовжується період поміж ремонтами майже в два рази у порівнянні з 2-м варіантом і майже в десять разів порівняно із первісним варіантом (табл.).

Таблиця.2. Оптимальні міжвідновлювальні інтервали у місяцях (чисельник) та відповідна їм надійність (знаменник).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Варіант приводу | *cr=2* | *cr=10* | *cr=20* | *cr=50* |
| 1 | 8/0,45 | - | 2.5/0,79 | 2/0,81 |
| 2 | ∞ | - | 20/0,95 | 12/0,98 |
| 3 | ∞ | 20/0,85 | 10/0,95 | 5/0,98 |

При збільшенні відносної вартості післяаварійного ремонту *cr* оптимальний міжремонтний період зменшується. Але відповідна йому надійність зростає.

Рис.7. Порівняльний аналіз надійності приводів.

Fig.7. Comparative analysis of drive reliability

