

УДК 621.74

РОЗРАХУНОК ШИХТИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПАКЕТУ ПОШУКУ РІШЕННЯ СЕРЕДОВИЩА MS EXCEL

В. М. Рибак, Д. С. Чернозем

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»*

Розглянуто етапи розрахунку шихти для виплавки сплавів за допомогою пакету пошуку рішення середовища MS Excel

Рассмотрены этапы расчета шихты для выплавки сплавов при помощи пакета поиска решения среды MS Excel

Stages of calculation of charge for melt of alloys by means of the search of decision package of the MS Excel are considered

Вступ

Основною задачею будь-якого металургійного процесу є задача отримання сплаву заданого хімічного складу. Для цього перед початком металургійного процесу необхідно визначити типи та розрахувати кількість шихтових матеріалів, які необхідно завантажити у піч з метою отримання кінцевого сплаву заданого хімічного складу.

Для визначення кількості шихтових матеріалів, необхідних для завантаження у піч, зазвичай знаходять середні значення по кожному хімічному елементу, що входять у склад кінцевого сплаву, складають систему лінійних рівнянь і потім її вирішують одним із відомих математичних алгоритмів. Цей метод в даній статті будемо називати *традиційним*.

Традиційний метод розрахунку шихти має декілька суттєвих недоліків:

1) Кількість балансових рівнянь, кількість хімічних елементів, по яким проводиться розрахунок, та кількість шихтових компонентів, що завантажуються у піч, повинні дорівнювати один одному. Це, безумовно, накладає деякі обмеження в процес розрахунку шихти. Наприклад, якщо баланс складається по 5 хімічним елементам, то і шихтових компонентів також повинно бути 5. Якщо шихтових компонентів менше 5, то і кількість

хімічних елементів, по яким складається баланс, буде менше 5. Це призведе до того, що деякий хімічний елемент не буде врахований. Для запобігання даної помилки необхідно буде шукати додатковий шихтовий компонент, що не завжди представляється можливим. З іншого боку, при кількості шихтових компонентів, більшої за кількість балансових хімічних елементів, виникає питання в правильному виборі потрібних компонентів серед можливих. Вибрати необхідні компоненти можна тільки шляхом підстановки їх в систему лінійних рівнянь з наступним її рішенням, що призводить до втрат часу на зайві розрахунки.

2) Так як система балансових рівнянь побудована на строгій рівності лівої і правої частини кожного рівняння, через „неправильний” підбір шихтових компонентів доволі часто неможливо знайти рішення. В цьому випадку необхідно замінити одні шихтові компоненти на інші і шукати нові сприйнятливі рішення системи лінійних рівнянь.

3) Через те, що шихтові компоненти мають різну вартість, бажано було б знайти таке рішення системи, при якому забезпечувалася б мінімальна собівартість металургійного процесу. Традиційний метод розрахунку шихти, на жаль, не дозволяє врахувати собівартість металургійного процесу, що робить його неефективним в сучасних умовах виробництва сплавів, коли необхідно намагатися зменшувати собівартість продукції і заощаджувати природні ресурси.

В даній статті, окрім розгляду етапів розрахунку шихти традиційним методом, також розглянуті етапи розрахунку шихти *нетрадиційним методом*, який можна реалізувати за допомогою пакету пошуку рішення середовища MS Excel.

Нетрадиційний метод розрахунку шихти має декілька суттєвих переваг у порівнянні з традиційним:

1) Кількість балансових нерівностей, кількість хімічних елементів, по яким проводиться розрахунок, та кількість шихтових компонентів, що завантажуються у піч, можуть бути різними. Це, безумовно, знімає обмеження з процесу розрахунку шихти. При цьому в систему нерівностей можна вводити будь-яку кількість шихтових компонентів і програма сама вибере із них „найкращі” для даних умов.

2) Так як система балансових нерівностей побудована на нерівностях лівої і правої частини кожної нерівності, ймовірність появи помилки через „неправильний” підбір шихтових компонентів набагато менше ймовірності появи помилки в традиційному методі.

3) Нетрадиційний метод розрахунку шихти, використовуючи алгоритми оптимізації, дозволяє врахувати в розрахунках вартості шихтових компонентів і забезпечити мінімальну собівартість усього металургійного процесу.

Постановка задачі дослідження

Задача даної роботи полягає в розгляді етапів розрахунку шихти традиційним і нетрадиційним методами за допомогою пакету пошуку рішення середовища MS Excel на прикладі отримання сплаву 40X15H7Г7Ф2МС (табл.1) із деяких шихтових компонентів, які має в розпорядженні металургійний цех (табл. 2) в індукційній тигельній печі ICT-2,5 з відповідним вигаром (табл. 3). Також необхідно порівняти собівартості металургійних процесів, розрахованих двома методами.

Таблиця 1. Хімічний склад сплаву 40X15H7Г7Ф2МС (ГОСТ 5632-72)

Хімічний елемент	C	Cr	Ni	Mn	V	Mo	Si	P*	S*	Fe
Мін. вміст, %	0,38	14	6	6	1,5	0,65	0,9	≤	≤	основа
Макс. вміст, %	0,47	16	8	8	1,9	0,95	1,4	0,035	0,02	

* - домішки

Таблиця 1. Хімічний склад та вартість 1 кг шихтових компонентів

Марка	C	Cr	Ni	Mn	V	Mo	Si	P*	S*	Ціна, грн./кг
СЧ10	3,6			0,65			2,4	0,3	0,15	2,40
СЧ35	3,0			0,9			1,3	0,2	0,12	2,80
ФХ015А	0,15	65					1,5	0,03	0,02	33,00
ФХ100Б	1,00	65					2,0	0,05	0,04	23,00
Н4	0,15	1	97,6				0,002		0,004	327,00
ФМн0,5	0,5			90			2	0,3	0,03	14,00
ФМн78	7			80			2	0,35	0,03	13,50
ФМн78А	7			80			2	0,05	0,03	15,40
ФВд40У1	1			6	41		2	0,1	0,05	135,00
ФВд75У0,15	0,15	0,5		0,6	75		1	0,1	0,1	155,00
ФМо55А	0,08					55	1	0,08	0,12	165,00
ФМо60	0,05					60	0,8	0,05	0,1	178,00
ФС20	1			1			21,5	0,1	0,02	12,00
ФС75		0,4		0,4			77	0,05	0,02	16,50
МЖН0	0,01	0,3	1,9					0,008	0,008	18,50
Лом Б1	0,3	1,2	0,4	1	0,3		1,6	0,03	0,025	2,20
Лом Б3	1	1,3	0,3	0,5			0,4	0,025	0,03	2,30

Fe - інше

Таблиця 3. Вигар хімічних елементів в печі ICT-2,5

Хімічний елемент	C	Cr	Ni	Mn	V	Mo	Si	P*	S*	Fe
Вигар, %	5	5	3	10	2	2	0	0	0	2

Методика проведення експериментів

Порядок розрахунку шихти *традиційним* методом складається з наступних етапів:

1) Визначення хімічних елементів, по яким буде проводитися розрахунок. Розрахунок необхідно проводити по тим хімічним елементам, для яких в ДСТУ (ГОСТ) вказані діапазони та по основному компоненту сплаву. Усі інші хімічні елементи розглядаються як шкідливі домішки.

2) Вибір шихтових компонентів, з яких буде виготовлятися кінцевий сплав. Кількість обраних шихтових компонентів повинна дорівнювати кількості балансових хімічних елементів. При виборі шихтових компонентів необхідно звернути увагу на те, щоб кожен з компонентів містив по максимуму один із балансових хімічних елементів. В іншому випадку система не буде мати рішень.

3) Розрахунок вмісту основного хімічного елементу в шихтових компонентах. Розрахунок середніх значень вмісту хімічних елементів та основного хімічного елементу в кінцевому сплаві.

4) Складання системи лінійних рівнянь для кожного із хімічних елементів згідно з рівняння:

$$\sum_{j=1}^N \%_{ij} \cdot x_j = B_i \frac{m}{0.01 \cdot CZ_i} \quad (1)$$

де N – кількість шихтових компонентів (балансових хімічних елементів, рівнянь);

$\%_{ij}$ – вміст i -го хімічного елемента в j -му компоненті шихти, %;

x_j – маса j -го компонента шихти, який необхідно завантажити у піч, кг;

B_i – вміст i -го хімічного елемента в кінцевому сплаві, %;

m – маса сплаву, який необхідно отримати, кг;

CZ_i – ступінь засвоєння i -го хімічного елемента, %.

5) Рішення отриманої лінійної системи рівнянь за допомогою одного із математичних алгоритмів.

6) У разі неможливості вирішити систему, необхідно замінити деякі із шихтових компонентів і повторити розрахунки.

Порядок розрахунку шихти *нетрадиційним* методом складається з наступних етапів:

1) Розрахунок вмісту основного хімічного елементу в шихтових компонентах. Розрахунок основного хімічного елемента в кінцевому сплаві.

2) Складання системи лінійних нерівностей для кожного із хімічних елементів згідно з формули:

$$B_{i\min} \frac{m}{0.01 \cdot CZ_i} \leq \sum_{j=1}^N \%_{ij} \cdot x_j \leq B_{i\max} \frac{m}{0.01 \cdot CZ_i} \quad (2)$$

де N – кількість шихтових компонентів;
де $V_{i\min}$ – мінімальний вміст i -го хімічного елементу в кінцевому сплаві,
%;
 m – маса сплаву, який необхідно отримати, кг;
 CZ_i – ступінь засвоєння i -го хімічного елементу, %;
 $V_{i\max}$ – максимальний вміст i -го хімічного елементу в кінцевому сплаві,
%;
 $\%_{ij}$ – вміст i -го хімічного елемента в j -му компоненті шихти, %;
 x_j – маса j -го компонента шихти, який необхідно завантажити у піч, кг.

При цьому розрахунок можна вести не тільки по основним хімічним елементам, але і по домішкам (для домішків ліва частина нерівності буде дорівнювати 0). Також можна використовувати будь-яку кількість шихтових компонентів.

3) Складання цільової функції собівартості плавки:

$$F = \sum_{j=1}^N C_j \cdot x_j \quad F \rightarrow \min \quad (3)$$

де N – кількість шихтових компонентів;
 C_j – ціна j -го компонента шихти, грн./кг;
 x_j – маса j -го компонента шихти, який необхідно завантажити у піч, кг.

4) Рішення отриманої системи нерівностей методом лінійного програмування.

Результати досліджень

Розрахунок математичної моделі слід починати з завантаження MS Excel та перевірки встановлення в ньому пакету „Пошук рішення”. Пакет „Пошук рішення” повинен знаходитися в меню „Сервіс”. Якщо даного пакету в меню „Сервіс” знайдено не буде, то слід запустити підменю „Надбудови” і поставити відповідну галочку на надбудові „Пошук рішення”. Після цього можливі два варіанти: або зазначений пакет з’явиться в меню „Сервіс”, або MS Excel запропонує його встановити з CD-диска. В другому випадку необхідно вставити відповідний диск з програмою MS Excel і підтвердити запропоновані дії. Після появи в меню „Сервіс” пакету „Пошук рішення” можна починати розрахунки.

1) Приклад розрахунку шихти *традиційним* методом.

На першому етапі слід створити на новому аркуші таблиці з вихідними даними у вигляді, представленому на рис.1.

L6		=100-СУММ(C5:K5)												
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1														
2	1. Хімічний склад сплаву, який необхідно отримати													
3														
4	Хімічний елемент	C	Cr	Ni	Mn	V	Mo	Si	P*	S*	Fe			
5	Мінімальний вміст, %	0,38	14	6	6	1,5	0,65	0,9	0	0	63,23			=100-СУММ(C6:K6)
6	Максимальний вміст, %	0,47	16	8	8	1,9	0,95	1,4	0,035	0,02	70,57			=100-СУММ(C5:K5)
7	* - домішки													
8														
9														
10	2. Середній хімічний склад сплаву, який необхідно отримати													
11														
12	Хімічний елемент	C	Cr	Ni	Mn	V	Mo	Si	P*	S*	Fe			
13	Середній вміст, %	0,425	15	7	7	1,7	0,8	1,15	0,018	0,01	66,9			=CPЗНАЧ(L5:L6)
14														
15														
16	3. Шихтові компоненти													
17														
18	Марка	C	Cr	Ni	Mn	V	Mo	Si	P*	S*	Fe	Ціна, грн./кг	Індекс	Маса, кг
19	C435	3			0,9			1,3	0,2	0,12	94,48	2,8	x1	
20	ФХ100Б	1	65					2	0,05	0,04	31,91	23	x2	
21	H4	0,15	1	97,6				0,002		0,004	1,244	327	x3	
22	ФМн0,5	0,5			90			2	0,3	0,03	7,17	14	x4	
23	ФВд40У1	1			6	41		2	0,1	0,05	49,85	135	x5	
24	ФМо60	0,05					60	0,8	0,05	0,1	39	178	x6	
25	ФС75		0,4		0,4			77	0,05	0,02	22,13	16,5	x7	
26	МЖН0	0,01	0,3	1,9					0,008	0,008	97,77	18,5	x8	
27														
28														
29	4. Вигар та ступінь засвоєння хімічних елементів													
30														
31	Хімічний елемент	C	Cr	Ni	Mn	V	Mo	Si	P*	S*	Fe			
32	Вигар, %	5	5	3	10	2	2	0	0	0	2			
33	Ступінь засвоєння, %	95	95	97	90	98	98	100	100	100	98			
34														
35														
36	5. Маса сплаву в печі													
37														
38	Маса сплаву, кг	2500												

Рис.1 Таблиці з вихідними даними

Так як кількість балансових компонентів дорівнює 8 (C, Cr, Ni, Mn, V, Mo, Si, Fe), кількість шихтових компонентів для розрахунків також повинна дорівнювати 8. (Підібрати 8 „правильних” шихтових компонентів із 17 авторам вдалося тільки з 7 спроби – в інших випадках маса деяких компонентів розраховувалася зі знаком мінус. На рисунку наведено кінцевий вибір, при якому усі компоненти будуть розраховані з плюсом).

Для наочності, кожен із компонентів в таблиці позначено відповідним індексом – від x1 до x8. Для розрахунку середнього вмісту заліза в кінцевому сплаві і шихтових матеріалах, середнього хімічного складу та ступеню засвоєння, у відповідні комірки були введені формули (суцільні стрілки) а потім скопійовані в суміжні комірки (пунктирні стрілки).

Для введення балансових рівнянь, розрахунку кінцевого хімічного складу та вартості плавки необхідно створити ще 3 додаткові таблиці:

L51 fx =СУММПРОИЗВ(L19:L26;\$O\$19:\$O\$26)*L33/(\$C\$38*100)												
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
40												
41	6. Балансові рівняння											
42		=СУММПРОИЗВ(C19:C26;\$O\$19:\$O\$26)										
43	Ліва частина	0	0	0	0	0	0	0			0	
44	Умова	=	=	=	=	=	=	=			=	
45	Права частина	1118,4	39474	18041	19444	4337	2041	2875			2E+05	
46												
47		=C13*\$C\$38/(0,01*C33)										
48	7. Хімічний склад кінцевого сплаву											
49												
50	Хімічний елемент	C	Cr	Ni	Mn	V	Mo	Si	P*	S*	Fe	Всього, %
51	Вміст, %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	Потрапляння в ДСТУ	Ні	Ні	Ні	Ні	Ні	Ні	Ні	Так	Так	Ні	
53												
54		=СУММПРОИЗВ(C19:C26;\$O\$19:\$O\$26)*C33/(\$C\$38*100)										
55	8. Вартість плавки											
56		=ЕСЛИ(И(C51>=C5;C51<=C6);"Так";"Ні")										
57	Вартість плавки, грн.	0										
58			=СУММПРОИЗВ(M19:M26;O19:O26)									

Рис.2 Розрахункові таблиці

На наступному етапі необхідно запуснути надбудову „Пошук рішення”, встановити поля „Змінюючи комірки” і ввести балансові рівняння в поле „Обмеження”:

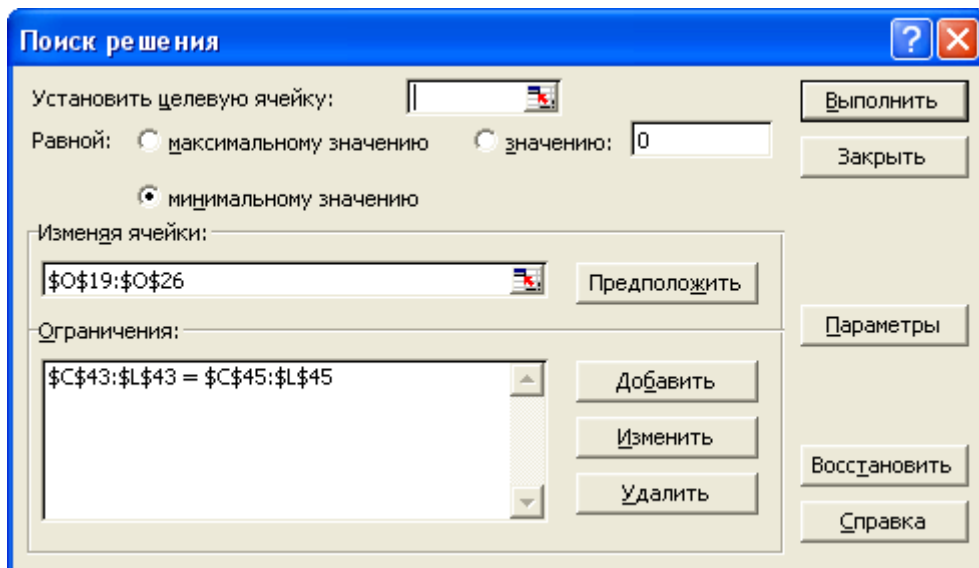


Рис.3 Меню „Пошук рішення”

Після натискання на кнопку „Виконати” в розрахункових таблицях з’являться результати розрахунків:

C57 =СУММПРОИЗВ(М19:М26;О19:О26)														
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
2	1. Хімічний склад сплаву, який необхідно отримати													
3														
4	Хімічний елемент	C	Cr	Ni	Mn	V	Mo	Si	P*	S*	Fe			
5	Мінімальний вміст, %	0,38	14	6	6	1,5	0,65	0,9	0	0	63,23			
6	Максимальний вміст, %	0,47	16	8	8	1,9	0,95	1,4	0,035	0,02	70,57			
7	* - домішки													
14														
15														
16	3. Шихтові компоненти													
17														
18	Марка	C	Cr	Ni	Mn	V	Mo	Si	P*	S*	Fe	Ціна, грн./кг	Індекс	Маса, кг
19	СЧ35	3			0,9			1,3	0,2	0,12	94,48	2,8	x1	90,34171
20	ФХ100Б	1	65					2	0,05	0,04	31,91	23	x2	598,4352
21	Н4	0,15	1	97,6				0,002		0,004	1,244	327	x3	158,0737
22	ФМн0,5	0,5			90			2	0,3	0,03	7,17	14	x4	208,0421
23	ФВд40У1	1			6	41		2	0,1	0,05	49,85	135	x5	105,774
24	ФМо60	0,05					60	0,8	0,05	0,1	39	178	x6	34,01361
25	ФС75		0,4		0,4			77	0,05	0,02	22,13	16,5	x7	11,76008
26	МЖНО	0,01	0,3	1,9					0,008	0,008	97,77	18,5	x8	1375,39
39														
40														
41	6. Балансові рівняння													
42														
43	Ліва частина	1118,4	39474	18041	19444	4337	2041	2875			2E+05			
44	Умова	=	=	=	=	=	=	=			=			
45	Права частина	1118,4	39474	18041	19444	4337	2041	2875			2E+05			
46														
47														
48	7. Хімічний склад кінцевого сплаву													
49														
50	Хімічний елемент	C	Cr	Ni	Mn	V	Mo	Si	P*	S*	Fe	Всього, %		
51	Вміст, %	0,425	15	7	7	1,7	0,8	1,15	0,054	0,025	66,9	100,0508409		
52	Потрапляння в ДСТУ	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Ні	Ні	Так			
53														
54														
55	8. Вартість плавки													
56														
57	Вартість плавки, грн.	114592												

Рис.4 Результати розрахунків

В результаті проведених розрахунків видно, що усі балансові хімічні елементи потрапляють в межі ДСТУ, окрім домішок – фосфору і сірки. Тому необхідно повторити розрахунки з іншими шихтовими компонентами або ввести в розрахунок ще два балансові рівняння – для фосфору і сірки. Що в першому, що в другому випадку неможливо зі стовідсотковою ймовірністю стверджувати, що в кінці кінців буде знайдено правильне рішення, при якому усі хімічні елементи будуть лежати в межах ДСТУ. Так як процес пошуку рішення в даному випадку може затягнутися на тривалий час, розгляд традиційного методу на цьому буде закінчено. За бажанням, читачі самі можуть продовжити розрахунки даним методом і знайти правильне рішення. Ми ж перейдемо до іншого методу розрахунку шихти, запам’ятавши вартість плавки – 114592 грн.

2) Приклад розрахунку шихти нетрадиційним методом.

На відміну від традиційного методу розрахунку шихти, в нетрадиційному не потрібно шукати середні значення хімічних елементів в кінцевому сплаві і обирати шихтові компоненти для розрахунків. Тому вихідні таблиці будуть мати наступний вид:

L13		=100-СУММ(C13:K13)												
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1														
2	1. Хімічний склад сплаву, який необхідно отримати													
3														
4	Хімічний елемент	C	Cr	Ni	Mn	V	Mo	Si	P*	S*	Fe			
5	Мінімальний вміст, %	0,38	14	6	6	1,5	0,65	0,9	0	0	63,23	=100-СУММ(C6:K6)		
6	Максимальний вміст, %	0,47	16	8	8	1,9	0,95	1,4	0,04	0,02	70,57	=100-СУММ(C5:K5)		
7	* - домішки													
8														
9														
10	2. Шихтові компоненти													
11														
12	Марка	C	Cr	Ni	Mn	V	Mo	Si	P*	S*	Fe	Ціна, грн./кг	Індекс	Маса, кг
13	СЧ10	3,6			0,65			2,4	0,3	0,15	92,9	2,4	x1	
14	СЧ35	3			0,9			1,3	0,2	0,12	94,48	2,8	x2	
15	ФХД15А	0,15	65					1,5	0,03	0,02	33,3	33	x3	
16	ФХ100Б	1	65					2	0,05	0,04	31,91	23	x4	
17	Н4	0,15	1	97,6				0		0	1,244	327	x5	
18	ФМн0,5	0,5			90			2	0,3	0,03	7,17	14	x6	
19	ФМн78	7			80			2	0,35	0,03	10,62	13,5	x7	
20	ФМн78А	7			80			2	0,05	0,03	10,92	15,4	x8	
21	ФВд40У1	1			6	41		2	0,1	0,05	49,85	135	x9	
22	ФВд75У0,15	0,15	0,5		0,6	75		1	0,1	0,1	22,55	155	x10	
23	ФМо55А	0,08					55	1	0,08	0,12	43,72	165	x11	
24	ФМо60	0,05					60	0,8	0,05	0,1	39	178	x12	
25	ФС20	1			1			21,5	0,1	0,02	76,38	12	x13	
26	ФС75		0,4		0,4			77	0,05	0,02	22,13	16,5	x14	
27	МЖН0	0,01	0,3	1,9					0,01	0,01	97,77	18,5	x15	
28	Лом Б1	0,3	1,2	0,4	1	0,3		1,6	0,03	0,03	95,15	2,2	x16	
29	Лом Б3	1	1,3	0,3	0,5			0,4	0,03	0,03	96,45	2,3	x17	
30														
31												=100-СУММ(C29:K29)		
32	3. Вигар та ступінь засвоєння хімічних елементів													
33														
34	Хімічний елемент	C	Cr	Ni	Mn	V	Mo	Si	P*	S*	Fe			
35	Вигар, %	5	5	3	10	2	2	0	0	0	2			
36	Ступінь засвоєння, %	95	95	97	90	98	98	100	100	100	98			
37														
38												=100-L35		
39	4. Маса сплаву в печі													
40														
41	Маса сплаву, кг	2500												

Рис.5 Таблиці з вихідними даними

В даному випадку кількість балансових компонентів дорівнює 10 (C, Cr, Ni, Mn, V, Mo, Si, P, S, Fe), кількість шихтових компонентів для розрахунків може бути будь-якою. Тому в розрахунок були включені усі можливі шихтові компоненти.

На відміну від попереднього методу, даний метод передбачає використання цільової функції. Так як одна із задач полягає в тому, щоб

отримати кінцевий сплав найменшої вартості, у якості цільової функції необхідно використовувати вартість плавки.

Для введення балансових нерівностей, розрахунку кінцевого хімічного складу та вартості плавки необхідно створити ще 3 таблиці:

L56		fx = СУММПРОИЗВ(L13:L29;\$O\$13:\$O\$29)*L36/(\$C\$41*100)											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
42													
43													
44	5. Балансові нерівності												
45													
46	Ліва частина	1000	#####	#####	#####	3827	1658	2250	0	0	#####		
47	Умова	≤	≤	≤	≤	≤	≤	≤	≤	≤	≤		
48	Середина	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
49	Умова	≤	≤	≤	≤	≤	≤	≤	≤	≤	≤		
50	Права частина	1236,8	#####	#####	#####	4847	2423	3500	87,5	50	#####		
51													
52													
53	6. Хімічний склад кінцевого сплаву												
54													
55	Хімічний елемент	C	Cr	Ni	Mn	V	Mo	Si	P*	S*	Fe	Всього, %	
56	Вміст, %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
57	Потрапляння в ДСТУ	Hi	Hi	Hi	Hi	Hi	Hi	Hi	Так	Так	Hi		
58													
59													
60	7. Цільова функція												
61													
62	Вартість плавки, грн.	0											
63													

Рис.6 Розрахункові таблиці

Далі необхідно запуснути надбудову „Пошук рішення”, натиснути кнопку „Параметри” і відмітити невід’ємність аргументів:

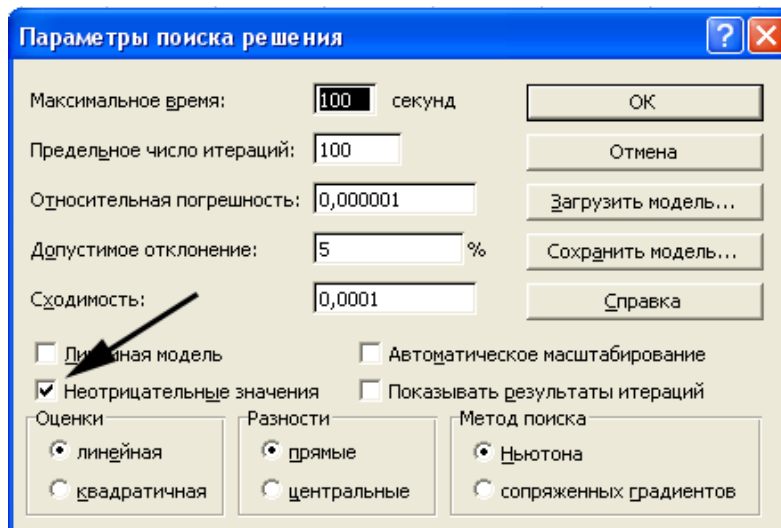


Рис.7 Параметри „Пошуку рішення”

Після цього необхідно натиснути кнопку „Ок”, встановити посилання на комірку цільової функції, обрати „Мінімальне значення”, задати поля „Змінюючи комірки” і ввести балансові нерівності в поле „Обмеження”:

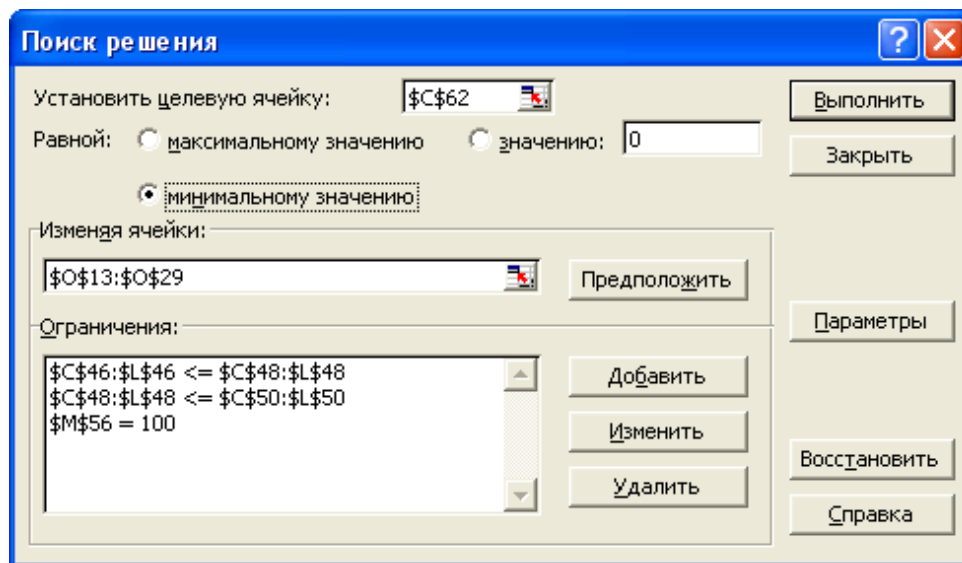


Рис.8 Меню „Пошук рішення”

Після натискання на кнопку „Виконати” в розрахункових таблицях з’являться результати розрахунків:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
2		1. Хімічний склад сплаву, який необхідно отримати													
3															
4		Хімічний елемент	C	Cr	Ni	Mn	V	Mo	Si	P*	S*	Fe			
5		Мінімальний вміст, %	0,38	14	6	6	1,5	0,65	0,9	0	0	63,23			
6		Максимальний вміст, %	0,47	16	8	8	1,9	0,95	1,4	0,035	0,02	70,57			
7		* - домішки													
8															
10		2. Шихтові компоненти													
11															
12		Марка	C	Cr	Ni	Mn	V	Mo	Si	P*	S*	Fe	Ціна, грн./кг	Індекс	Маса, кг
13		СЧ10	3,6			0,65			2,4	0,3	0,15	92,9	2,4	x1	0
14		СЧ35	3			0,9			1,3	0,2	0,12	94,48	2,8	x2	0
15		ФХ015А	0,15	65					1,5	0,03	0,02	33,3	33	x3	546,7704
16		ФХ100Б	1	65					2	0,05	0,04	31,91	23	x4	0
17		Н4	0,15	1	97,6				0,002		0,004	1,244	327	x5	137,8208
18		ФМн0,5	0,5			90			2	0,3	0,03	7,17	14	x6	98,96727
19		ФМн78	7			80			2	0,35	0,03	10,62	13,5	x7	6,251639
20		ФМн78А	7			80			2	0,05	0,03	10,92	15,4	x8	81,34034
21		ФВд40У1	1			6	41		2	0,1	0,05	49,85	135	x9	0
22		ФВд75У0,15	0,15	0,5		0,6	75		1	0,1	0,1	22,55	155	x10	48,1269
23		ФМо55А	0,08					55	1	0,08	0,12	43,72	165	x11	0
24		ФМо60	0,05					60	0,8	0,05	0,1	39	178	x12	27,63605
25		ФС20	1			1			21,5	0,1	0,02	76,38	12	x13	0
26		ФС75		0,4		0,4			77	0,05	0,02	22,13	16,5	x14	0
27		МЖН0	0,01	0,3	1,9					0,008	0,008	97,77	18,5	x15	906,9751
28		Лом Б1	0,3	1,2	0,4	1	0,3		1,6	0,03	0,025	95,15	2,2	x16	723,3774
29		Лом Б3	1	1,3	0,3	0,5			0,4	0,025	0,03	96,45	2,3	x17	0

Рис.9 Результати розрахунків

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
43													
44		5. Балансові нерівності											
45													
46		Ліва частина	1000	36842	15464	16667	3827	1658	2250	0	0	2E+05	
47		Умова	≤	≤	≤	≤	≤	≤	≤	≤	≤	≤	
48		Середина	1000	36842	15464	16667	3827	1658	2421	87,5	50	2E+05	
49		Умова	≤	≤	≤	≤	≤	≤	≤	≤	≤	≤	
50		Права частина	1236,8	42105	20619	22222	4847	2423	3500	87,5	50	2E+05	
51													
52													
53		6. Хімічний склад кінцевого сплаву											
54													
55		Хімічний елемент	C	Cr	Ni	Mn	V	Mo	Si	P*	S*	Fe	Всього, %
56		Вміст, %	0,38	14	6	6	1,5	0,65	0,968	0,035	0,02	70,45	100
57		Потрапляння в ДСТУ	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	
58													
59													
60		7. Цільова функція											
61													
62		Вартість плавки, грн.	96583										

Рис.10 Результати розрахунків

В результаті проведених розрахунків видно, що усі балансові хімічні елементи, включаючи домішки, потрапляють в межі ДСТУ. Вартість плавки при цьому складає 96583 грн.

В нетрадиційному методі розрахунку шихти можна вводити додаткові обмеження. Нехай, наприклад, з'ясувалося, що для чергової плавки шихтового компоненту ФВд75У0,15 залишилося усього 30 кг (а потрібно 48,13 кг.). Перерахуємо шихту за нових умов, знову запустивши „Пошук рішення” і ввівши необхідне додаткове обмеження:

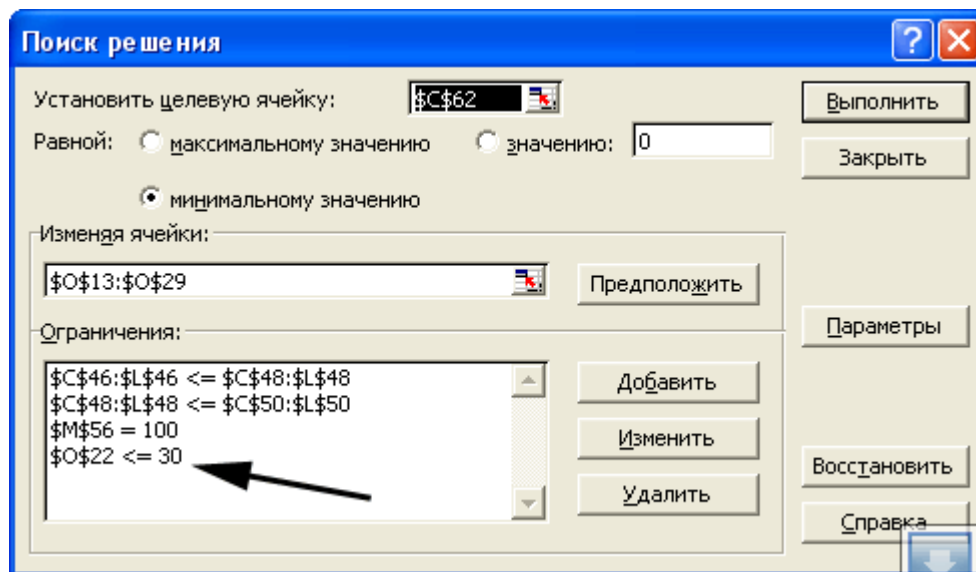


Рис.11 Меню „Пошук рішення”

Після натискання на кнопку „Виконати” в розрахункових таблицях з’являться результати розрахунків:

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
2	1. Хімічний склад сплаву, який необхідно отримати													
3														
4	Хімічний елемент	C	Cr	Ni	Mn	V	Mo	Si	P*	S*	Fe			
5	Мінімальний вміст, %	0,38	14	6	6	1,5	0,65	0,9	0	0	63,23			
6	Максимальний вміст, %	0,47	16	8	8	1,9	0,95	1,4	0,035	0,02	70,57			
7	* - домішки													
9														
10	2. Шихтові компоненти													
11														
12	Марка	C	Cr	Ni	Mn	V	Mo	Si	P*	S*	Fe	Ціна, грн./кг	Індекс	Маса, кг
13	СЧ10	3,6			0,65			2,4	0,3	0,15	92,9	2,4	x1	0
14	СЧ35	3			0,9			1,3	0,2	0,12	94,48	2,8	x2	0
15	ФХ015А	0,15	65					1,5	0,03	0,02	33,3	33	x3	546,6799
16	ФХ100Б	1	65					2	0,05	0,04	31,91	23	x4	0
17	Н4	0,15	1	97,6				0,002		0,004	1,244	327	x5	138,3783
18	ФМн0,5	0,5			90			2	0,3	0,03	7,17	14	x6	99,68992
19	ФМн78	7			80			2	0,35	0,03	10,62	13,5	x7	0
20	ФМн78А	7			80			2	0,05	0,03	10,92	15,4	x8	84,18645
21	ФВд40У1	1			6	41		2	0,1	0,05	49,85	135	x9	33,01105
22	ФВд75У0,15	0,15	0,5		0,6	75		1	0,1	0,1	22,55	155	x10	30
23	ФМо55А	0,08					55	1	0,08	0,12	43,72	165	x11	0
24	ФМо60	0,05					60	0,8	0,05	0,1	39	178	x12	27,63605
25	ФС20	1			1			21,5	0,1	0,02	76,38	12	x13	0
26	ФС75		0,4		0,4			77	0,05	0,02	22,13	16,5	x14	0
27	МЖН0	0,01	0,3	1,9					0,008	0,008	97,77	18,5	x15	874,0813
28	Лом Б1	0,3	1,2	0,4	1	0,3		1,6	0,03	0,025	95,15	2,2	x16	743,5916
29	Лом Б3	1	1,3	0,3	0,5			0,4	0,025	0,03	96,45	2,3	x17	0
52														
53	6. Хімічний склад кінцевого сплаву													
54														
55	Хімічний елемент	C	Cr	Ni	Mn	V	Mo	Si	P*	S*	Fe	Всього, %		
56	Вміст, %	0,3848	14	6	6	1,5	0,65	0,998	0,035	0,02	70,41	100		
57	Потрапляння в ДСТУ	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так			
58														
59														
60	7. Цільова функція													
61														
62	Вартість плавки, грн.	97814												

Рис.12 Результати розрахунків

Розрахунок з додатковим обмеженням також забезпечує хімічний склад у межах ДСТУ, але при цьому дещо збільшилася вартість плавки – з 96583 до 97814 грн.

Висновки

На прикладі однієї із марок сталі були розглянуті етапи розрахунку шихти *традиційним* і *нетрадиційним* методами за допомогою пакету пошуку рішення середовища MS Excel. Встановлено, що розрахунок шихти нетрадиційним методом має ряд переваг у порівнянні з розрахунком шихти традиційним методом:

1) Розрахунок нетрадиційним методом дозволяє з усіх можливих шихтових компонентів автоматично обрати найкращі, враховуючи їх ціну і

вміст шкідливих домішків. В традиційному методі дану функцію виконує людина, що призводить до великих втрат часу. Крім цього, вибір людини не завжди є оптимальним.

2) В нетрадиційному методі кількість шихтових компонентів необмежена. В традиційному методі кількість шихтових компонентів повинна дорівнювати кількості балансових хімічних елементів.

3) Вартість шихти, яку було розраховано нетрадиційним методом в даному прикладі на 20 % менше вартості шихти, розрахованої традиційним.

4) При нетрадиційному методі розрахунку шихти можна вводити додаткові обмеження на масу наявних шихтових компонентів, що дозволяє оперативно керувати технологічним процесом, забезпечуючи при цьому мінімальну вартість плавки.

Литература

1. Блаттнер П. Использование Microsoft Office Excel 2003. Специальное издание.: Пер. с англ. / П. Блаттнер – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 594 с., ил.