

## КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗРАХУНОК ДУГОВОЇ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЇ ПЕЧІ

### Знаходження основних розмірів плавильного простору

Ванна дугової сталеплавильної печі (ДСП) виконується сферо-конічною, об'єм її повинен бути достатнім для того, щоб вмістити весь рідкий об'єм металу та шлаку. Об'єм шлаку займає приблизно 10 % об'єму металу.

На рисунку 1 показана форма плавильного простору сучасної печі. Вона сферо-конічна з кутом  $\alpha=45^\circ$  між твірною та віссю конуса.

Об'єм конуса, який займає рідкий метал, обмежується рівнем С, вище якого лежить рівень шлаку, а ще вище – рівень порогу робочого вікна В. Рівень відкосів череня А роблять на 40-100 мм вище рівня порогу С з тим, щоб шлак, який скачують не торкався стін печі.

Основні розміри плавильного простору печі знаходять, виходячи з її заданої місткості (вага рідкої сталі)  $G, т$ .

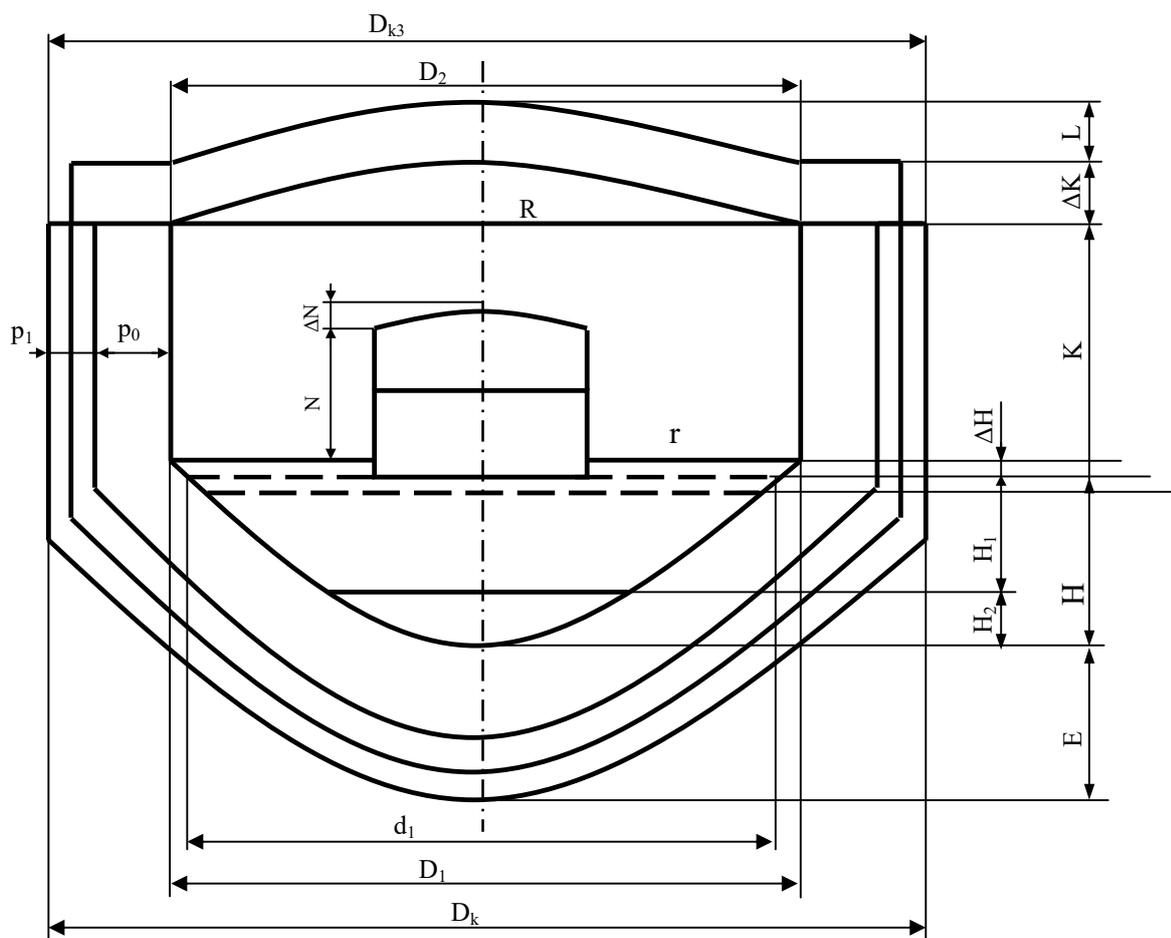


Рисунок 1 – Форма плавильного простору ДСП

Об'єм сталі у ванні,  $V$ :

$$V = a * G, \text{ м}^3 \quad (1)$$

Де  $a$  - питомий об'єм рідкої сталі;

$$a = 0.145 \text{ м}^3/\text{т}$$

Повний об'єм ванни до порогу робочого вікна:

$$V_1 = V + \frac{b * G}{c} + e * V, \text{ м}^3 \quad (2)$$

де  $b = 0,05-0,1$  – маса шлаку в долях маси сталі / кратність шлаку/;

$c = /2,8-3,2/ \text{ т}/\text{м}^3$  – густина рідкого шлаку;

$e = 0,1-0,15$  – допоміжний об'єм ванни у долях об'єму рідкої сталі.

Повна висота ванни  $H$ , м до рівня порогу робочого вікна може бути розрахована з емпіричної формули (для ванн з  $\alpha=45^0$ )

$$H = A * G^{0.25}, \text{ м} \quad (3)$$

де  $A$  – коефіцієнт, рівний 0,31 – для невеликих печей з основною футерівкою;

0,345 – для дуже великих печей з основною футерівкою;

0,38 – для печей з кислою футерівкою.

Висота ванни складається з висоти її конусної  $H_1 = 0,8H$  та сферичної  $H_2 = 0,2H$  частин.

Діаметр ванни на рівні порогу робочого вікна може бути розрахований з виразу:

$$d_1 = 0.89H + \sqrt{\frac{V_1}{0.71H} - \frac{H^2}{4}}, \quad (4)$$

Діаметр плавильного простору на рівні відкосів  $D_1$  може бути також підрахований по формулі:

$$D_1 = d_1 + 2 * \Delta H \quad (5)$$

де  $\Delta H = /0,14-0,15/H$  – для печей місткістю до 20т

і  $/0,12-0,13/H$  – для більшої місткості.

Висота плавильного простору /від рівня відкосів до п'ят склепіння/,  $K$ , м:

$K = /0,5-0,45/D_1$  для печей місткістю 0,5-6 т;

$K = /0,45-0,40/D_1$  для печей місткістю 12-15 т;

$K = /0,38-0,34/D_1$  для печей місткістю 100 і більше т.

Верхній діаметр плавильного простору  $D_2$ :

$$D_2 = D_1 + 2m(K - \Delta H), \text{ м} \quad (6)$$

де  $m = 0,07 - 0,08$  для печей місткістю до 20 т і

$m = 0,06-0,07$  для більших печей.

Стріла склепіння К як правило приймається /0,1-0,12/Д<sub>2</sub>. Ширина робочого вікна М дорівнює:

$$M = p * D_1, \quad (7)$$

де  $p = 0,33$  для печей місткістю до 10 т,  
 $0,30-0,26$  для печей місткістю 15-40 т і  
 $0,25-0,22$  для більших печей.

Висота робочого вікна:

$$N = (0.65 - 0.70) * M, \quad (7)$$

а стріла його арки:

$$\Delta N = (0.13 - 0.14) * M \quad (7)$$

Товщина череня Е дорівнює:

$$E = (0.39 - 0.40) * \sqrt[6]{G} \quad (8)$$

З найденого розміру на теплоізоляційний шар припадає 0,1-0,15 м для печей місткістю 0,5-1,5 т; 0,15-0,17 м для печей місткістю 3,0-10,0 т; 0,17-0,22 м для печей місткістю 15-40 т і 0,22-0,25 м для печей місткістю більше 40 т. Залишок припадає на шар вогнетривкої цегли, та набивної частини череня.

Діаметр кожуха печі  $D_k$  перебільшує діаметр плавильного простору  $D_1$  на подвійну товщу футеровки в основі стін:

$$D_k = D_1 + 2(P_0 + P_T) \quad (9)$$

Таблиця 1 – Рекомендовані товщини вогнетривкого шару ( $P_0$ ) і теплоізоляційної ( $P_T$ ) футерівки стін та товщини склепіння (L)

Шар футерівки	Товщина футерівки (м) для печей місткістю, т			
	0,5-1,5	3,0-10,0	15,0-40,0	Більше 40
$P_0$	0.23	0.30	0.35-0.40	0.40-0.45
$P_T$	0.10	0.10-0.15	0.15-0.20	0.20
L	0.23	0.23	0.30	0.38-0.46

Зовнішній діаметр кожуха  $D_{кз}$ , з:

$$D_{кз} = D_k + 2K \quad (10)$$

де К - товщина листового заліза кожуха.

Для печей місткістю:

0,5-1,5т	К=0,012-0,016м
3,0-6,0т	К=0,016-0,018м
6,0-12,0т	К=0,018-0,020м
20,0-25,0т	К=0,022-0,025м
30,0-50,0т	К=0,026-0,030м

**Приклад.** Розрахувати основні розміри плавильного простору дугової сталеплавильної печі з кислотою футерівкою номінальною місткості 6 т, яка виплавляє звичайну вуглецеву сталь.

#### Розв'язання

Визначаємо об'єм сталі в ванні за формулою (1)

$$V = 0,145 \cdot 6 = 0,87 \text{ м}^3$$

Повний об'єм ванни до порогу робочого вікна за формулою (2)

$$V = 0,87 + \frac{0,05 \cdot 6}{3,0} + 0,1 \cdot 0,87 = 1,05 \text{ м}^3$$

Повна висота ванни  $H$  до рівня порогу робочого вікна (3):

$$H = 0,38 \cdot 6^{0,25} = 0,595 \text{ м} \sim 0,6 \text{ м},$$

з них висота конічної частини  $H_1 = 0,48 \text{ м}$  і сферичної  $H_2 = 0,12 \text{ м}$ ,  
 $\Delta H = 0,09 \text{ м}$ .

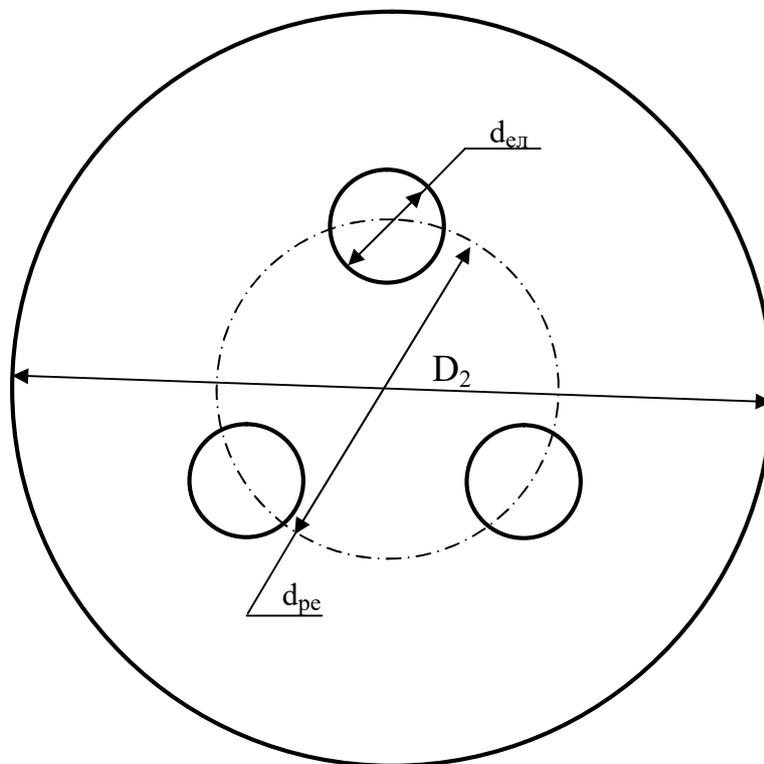


Рисунок 2 – Знаходження діаметру розпаду електродів

Діаметр ванни на рівні порогу робочого вікна (4):

$$d_1 = 0,89 * 0,6 + \sqrt{\frac{1,05}{0,71 * 0,6} - \frac{0,6^2}{4}} = 2,075 \text{ м}$$

Діаметр плавильного простору на рівні відкосів (5):

$$D_1 = 2,075 + 2 * 0,09 = 2,255 \text{ м}$$

Висота плавильного простору (5):

$$K = 0,45 * 2,255 = 1,045 \text{ м}$$

Верхній діаметр плавильного простору (6);

$$D_2 = 2,255 + 2 * 0,08(1,045 - 0,09) = 2,407 \text{ м}$$

Стріла склепіння:

$$K = 0,1 * 2,407 = 0,24 \text{ м}$$

Робоче вікно (7):

$$M = 0,33 * 2,255 = 0,77 \text{ м}$$

$$N = 0,7 * 0,77 = 0,54 \text{ м}$$

$$\Delta N = 0,13 * 0,77 = 0,1 \text{ м}$$

Товщина череня (8):

$$E = 0,4 * \sqrt[6]{6} = 0,5 \text{ м}$$

Виконання череня:

діатомова засипка	- 0,02 м
шамот легковагий 2х65 мм	- 0,13 м
динасова цегла 2х113 мм	- 0,226 м
набивка	- 0,124 м

---

Всього - 0,5 м

Виконання стін:

азбест	- 0,01 м
шамот легковагий 2х65 мм	- 0,13 м
динасова цегла 65 мм + 230 мм	- 0,295 м

---

Всього - 0,435 м

Склепіння з динасової цегли - L = 0,23 м

Діаметр кожуха печі Дк (9):

$$Дк = 2,255 + 2 / 0,295 + 0,14/ = 3,125 \text{ м.}$$

Зовнішній діаметр кожуха на рівні п'ят склепіння Дк.з. (10):

$$Дк.з. = 3,125 + 2*0,018 = 3,161 \text{ м.}$$

### Завдання для самостійної роботи

**Завдання.** Розрахувати основні розміри плавильного простору дугової сталеплавильної печі з кислотою футерівкою заданої номінальної місткості (див. табл.1), яка виплавляє звичайну вуглецеву сталь.

Таблиця 1 – Вихідні дані для конструктивного розрахунку ДСП

№ варіанта	Місткість печі, т	№ варіанта	Місткість печі, т
1	0,5	6	50,0
2	1,5	7	0,5
3	3,0	8	1,5
4	12,0	9	3,0
5	25,0	10	12,0

## ДОВІДКОВІ МАТЕРІАЛИ

Таблиця Д4 – Основні параметри електродів дугових печей

Діаметр електроду, мм	Параметри			
	Густина робочого струму, А/см <sup>2</sup>		максимальний струм, А	
	вуглецеві	графітовані	вуглецеві	графітовані
150	12	26	2120	4400
175	-	24	-	5500
200	II	23	3460	6900
225	-	22	-	8350
250	10	21	4900	1 0000
300	10	19	7060	12700
350	10	18	9600	16400
400	9	16	11300	20100
450	-	16	-	24400
500	9	15	17700	28500

Таблиця Д5 – Деякі характеристики дугових сталеплавильних печей

Параметри	ДСП-0,5	ДСП-1,5	ДСП-3	ДСП-6	ДСП-12	ДСП-25	ДСП-50
Номінальна місткість, т	0,5	1,5	3,0	6,0	12,0	25,0	50,0
Тривалість плавки, г: основний процес	1,7	1,9	2,4	2,8	3,3	4,0	4,0
кислий процес	1,4	1,5	1,0	2,0	2,3	2,7	2,5
Потужність трансформатора, кВ·А	630	1250	2000	4000	8000	15000	32000
Напруга первинної обмотки трансформатора, кВ	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10
Вторинна напруга, В	216-98	225-103	243-116	281-118	318-120	370-128	407-144
Струм вторинної обмотки трансформатора, кА	1,085	2,57	2,25	6,3	10,4	24,1	35,0
Діаметр графітованих електродів, мм	150	200	200	300	350	400	500
Діаметр розпаду електродів, мм	500	600	750	1000	1000	1150	1450
Діаметр каркасу на рівні відкосів, Дк, мм	1660	2130	2900	3350	3785	4700	5800
Діаметр ванни на рівні відкосів, Д <sub>1</sub> , мм	1050	1500	1800	2230	2740	3540	4580
Висота ванни до рівня порогу робочого вікна, Н, мм	230	360	400	425	555	775	890
Питома витрата електроенергії, кВт*г/т	650	550	525	510	500	470	450
Питома витрата електроенергії на розплавлення твердої шихти, кВт.г/т	558	479	465	480	435	430	415
Маса металоконструкції печі, т	8,9	21,5	26,5	50,0	68,0	145,0	285,0