

Лабораторне заняття

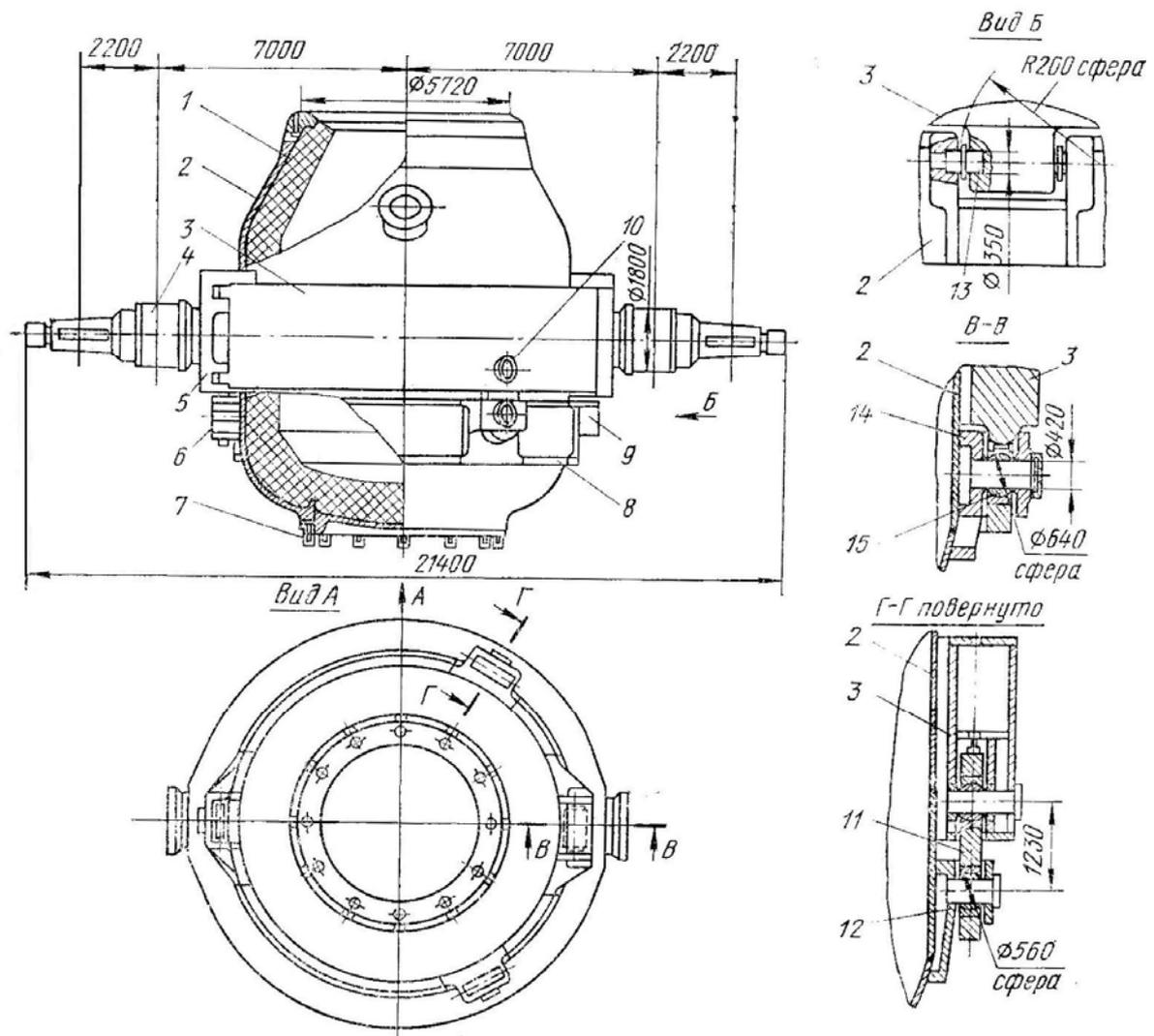
РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ КИСНЕВО-КОНВЕРТЕРНОГО АГРЕГАТУ

Кисневий конвертер має вигляд обертаючого на цапфах сосуду грушоподібної форми, який футерований зсередини і споряджений льоткою для випуску сталі та отвором зверху для введення фурми, відвода газів, загрузки шихти і зливу шлаку. Місткість діючих конверторів 50...400 т. Конвертер складається із циліндричної середньої частини, сферичного днища й горловини у вигляді усіченого конуса (рис.1).

Профіль робочого об'єму має звужену до верху горловину, далі циліндрична частина, а нижче сферичне днище. Звуження нижньої частини і сферичне днище запобігає створенню застійних зон під час циркуляції металу в період верхньої продувки. Пласке днище використовують для спрощення кладки футеровки (малі конвертори до 130 т) і для випадків з донною продувкою. За конфігурацією корпусу конвертори відрізняються залежно від способу плавки. В той же час форма корпусу звичайно відповідає внутрішньому контуру. Розрізняють такі варіанти: із звуженням в нижній частині; без звуження, коли до циліндричної частині приєднується сферичне днище із незначним звуженням (кут нахилу біля 6 град.) в нижній частині, яка переходить до сфери.

Днище конвертерів звичайно роблять сферичним. Ця форма полегшує циркуляцію металу при верхній подачі дуття й сприяє зниженню зношування футеровки. Широко застосовуються як окремі (рис.1, б), так і окремі днища. Окремі днища можуть бути приставними (рис.1, а) і вставними (рис.1, в). Зняття й установку днищ здійснюють за допомогою домкратних візків, що пересуваються під конвертером.

Габарити і розміри конверторів повинні забезпечити головним чином продувку без викидів металу через горловину і зменшити теплові втрати. При цьому враховують основні параметри: питомий обсяг на 1 т сталі відношення висоти до діаметру наружних габаритів конвертеру (Н/Д).



- 1 – шолом; 2-корпус; 3 - опорне кільце; 4-цапфа; 5 - цапфова плита,
 6 - фіксована опора; 7 - вставне днище; 8 - несучий пояс; 9-упор;
 10 - шарнірна підвіска; 11-тяга підвіски; 12-шаровий шарнір підвіски;
 13–сферичні підп'ятники упору; 14-кронштейн фіксованої опори;
 15 - сферичний шарнір опори

Рисунок 1 - Корпус конвертора місткістю 350...400 т із опорним кільцем і вузлами кріплення

При виборі оптимальної величини параметрів конвертора необхідно враховувати наступне: при недостатньому питомому обсягу виникають викиди металу; при надмірному обсягу зростають габарити конвертору, витрати вогнетривів, підвищується висота цеху. При зменшенні відношення Н/Д стінки конвертору віддаляються від зони високих температур, що сприяє підвищенню стійкості футеровки, зросту площі контакту метал-шлак, що полегшує видалення в шлак фосфору і сірки. Разом з тим надмірне зменшення Н/Д знижує висоту конвертору, приводить до викидів металу. Таким чином, необхідно враховувати протилежні вимоги.

Розміри конвертера повинні насамперед забезпечувати продувку без викидів металу через горловину, оскільки викиди зменшують вихід придатної сталі й вимагають періодичних зупинок конвертера для видалення настилів металу з горловини й вхідної частини котла-утилізатора. Крім того необхідно врахувати умови продувки. Параметри деяких конвертерів наведені в табл. 1.

Таблиця 1 - Параметри деяких кисневих конвертерів

Місткість, т	Питомий обсяг, м ³ /т	Висота, м	Діаметр, м	Відношення Н/Д	Глибина ванни, м	Діаметр горловини, м
85	0,9	6,6	4,2	1,56	1,17	2,0
100	0,92	7,0	4,4	1,59	1,14	2,17
130	0,81	7,42	4,7	1,58	1,5	2,42
200	1,03	9,5	5,95	1,6	1,78	3,1
300	0,87	9,26	6,55	1,41	1,9	3,43
350	0,87	10,1	6,7	1,47	1,85	4,1

Основні параметри, що визначають можливість роботи конвертера без викидів: питомий обсяг (обсяг робочої порожнини, що доводиться на 1т рідкій сталі, м³/т) і відношення висоти робочого обсягу до його діаметра.

При виборі оптимальної величини цих параметрів необхідно враховувати наступне. Якщо питомий обсяг недостатній, то при продувці виникають викиди; при надмірно великому питомому обсязі невиправдано зростають габарити конвертера, витрата вогнетривів на футеровку, висота конвертерного цеху.

Враховують також, що чим вище інтенсивність продувки й чим менше сопел у фурмі, тим більше повинен бути обсяг конвертера для запобігання викидів. При зменшенні величини H/D стінки конвертера віддаляються від високотемпературної підфурменної зони, що сприяє підвищенню їх стійкості; зростає також площа контакту метал-шлаки, що полегшує видалення в шлаки фосфору й сірки. Разом з тим при надмірному зниженні H/D , тобто зменшенні висоти конвертера, починаються викиди, оскільки метал, що спінюється, досягає низько розташованої горловини. При збільшенні H/D ймовірність появи викидів знижується, але й збільшення H/D понад оптимальну величину не рекомендується, оскільки це вимагає збільшення висоти будинку цеху.

Для конверторів місткістю 100...380т величину питомого обсягу встановлюють у межах від 1,0 до 0,85 м³/т, а H/D від 1,55 до 1,4...1,45. Причому ці параметри повинні знижуватися в міру збільшення місткості конвертера. Для конвертерів, що раніше будувалися, характерне коливання значень цих параметрів у невиправдано широких межах: питомого обсягу від 0,5 до 1,15 м³/т і відношення H/D від 1,17 до 2,1.

Глибина ванни рідкого металу в спокійному стані змінюється від 1,0 до 1,8...1,9м, зростаючи при збільшенні ємності конвертера. Навіть для конвертерів малої ємності (50 т) вона не повинна бути менш 1м, щоб уникнути руйнування футеровки днища кисневими струменями. Збільшення глибини ванни понад 1,9м також не рекомендується, тому що при цьому через недостатнє проникнення, у глиб ванни кисневих струменів утрудняється плавлення сталевго лома.

При виборі діаметра отвору горловини D_g ураховують, що горловина великого розміру дозволяє завантажувати сталевий лом за один раз. Разом з тим при збільшенні D , зростають втрати тепла випромінюванням і трохи підвищується зміст азоту у виплавленій сталі, оскільки через великий отвір у конвертер підсмоктується більше повітря, азот якого розчиняється в металі. Виходячи з умов завантаження лома в одне приймання діаметр отвору

горловини визначають зі співвідношення :

$$Dr = 0,21\sqrt{T}, \quad (1)$$

де T – маса завалки, T .

Кут нахилу горловини до вертикалі a в існуючих конвертерах змінюється від 20 до 35° . На підставі вітчизняної практики визнане недоцільним робити цей кут більш 26° , тому що при великому ухилі погіршується стійкість футеровки горловини.

Кут β у нижній звужуючій частини конвертера частіше роблять рівним $20\dots30^\circ$, у конвертерів із вставним днищем він досягає $35\dots40^\circ$.

При зрості Н/Д ймовірність появи викидів знижується, проте зростає висота конвертору і цеху. Глибина ванни рідкого металу змінюється в межах $1\dots1,9\text{м}$, що пов'язано з ростом ємності конверторів. Разом з тим глибина не повинна бути менше 1м з метою виключення руйнування футеровки днища кисневими струменями. Збільшення глибини ванни зверх $1,9\text{м}$ небажано із-за недостатнього проникнення кисню до дна ванни і забруднення плавки сталюого лому.

Рекомендовані величини і співвідношення параметрів для розрахунку конверторів:

1. Питомий обсяг – відношення обсягу шихти до маси металу – $0,7\dots1,1\text{ м}^3/\text{т}$. Звичайно приймають $0,9\text{ м}^3/\text{т}$.

2. Відношення h до d конвертера: $h/d = 1,2\dots1,8$. Для великотонажних конверторів (250т і більше) – $1,3$.

3. Глибина ванни $H_m = 1,6\dots1,9\text{м}$ ($1,8\text{м}$)

Питома площа поверхні ванни $S_b = 0,12\dots0,18\text{ м}^3/\text{т}$.

Типові профілі робочого простору конверторів представлено на рис.2.

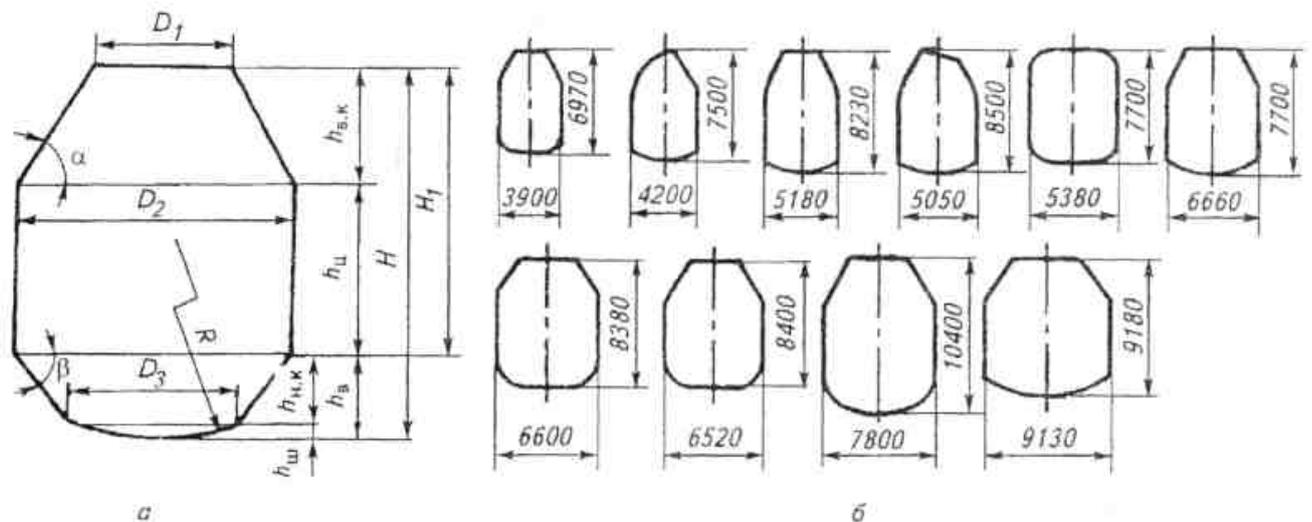
Треба відзначити, що на даний час відсутня єдина науково обґрунтована методика розрахунку розмірів профілю робочого простору конвертеру. Це пояснюється надзвичайно складним завданням, яке повинно враховувати вплив таких чинників, як режим продувки, гідродинаміку розплаву, розвиток фізико-хімічних процесів з одного боку, та стійкість футеровки, вихід гідного і продуктивність конвертору – з протилежної сторони. В зв'язку з цим розрахунок

параметрів профіля проводиться головним чином на основі використання емпіричних рівнянь, що визначені шляхом аналізу і обґрунтування окремих параметрів діючих конверторів (табл.2).

Таблиця 2 - Рівняння для визначення основних елементів конвертерів

Параметри, м	Рівняння	Коефіцієнт кореляції
Діаметр по футеровці	$D_p = 0,664V^{0,226}$	0,98
Висота робочого простору	$H_p = 2,655V^{0,233}$	0,98
Глибина ванни	$h = 0,451V^{0,251}$	0,81
Діаметр по кожуху	$D = 1,437V^{0,322}$	0,98
Загальна висота конвертера	$H = 3,083V^{0,226}$	0,93

Примітка: V – об'єм



а – основні розміри (D_1 , D_2 , D_3 – діаметр, відповідно горловини, циліндричної частини та днища; R – радіус сферичної частини днища; $h_{в.к.}$, $h_{н.к.}$, $h_{ц}$, $h_{в}$, $h_{ш}$ – висота відповідно верхньої та нижньої конічної частин; циліндричної частини, ванни та шарової частини; H та H_1 – повна висота та висота вільного простору, відповідно); б – різновиди профілей діючих кисневих конвертерів

Рисунок 2 - Профіль робочого простору конвертеру

робочого простору, м³.

Досвід показує, що мінімальні втрати металу при нормальному ході продувки (без викидів) досягаються при об'єму робочого простору конвертеру в 5...7 раз більше об'єму розплаву в спокійному стані. Для визначення параметрів конвертеру використовується також аналітичний метод розрахунку за питомим обсягом конвертеру:

$$V = 1 / 1 + 0,001Q, \quad (2)$$

де Q – місткість конвертеру, т.

На основі статистичних даних, швидкості та густини кисневого струменя при продувці металу в конверторі знаходиться глибина ванни рідкого металу, внутрішній діаметр конвертера, радіус сферичного днища, діаметр горловини, висотні параметри: зовнішні і внутрішні; товщина футеровки.

Двосторонній привод конструктивно подібний односторонньому, різниця тільки в два рази менш потужних двигунах, редукторах і муфт. Зменшується також діаметр шпинделів і цапф. Технічні параметри приводу приведено в табл. 3.

Таблиця 3 - Технічна характеристика приводу

Місткість конвертера, т	250	350
Частота обертання, хв ⁻¹		
максимальна	1,0	1,03
мінімальна	0,1	0,04
Потужність приводу, кВт	540	≈800
Частота обертання двигуна, хв ⁻¹	470	470

Недоліки стаціонарного приводу:

- громіздкість і складність конструкції;
- швидке зношення в наслідок удару обертаючих цапф в момент включення і при перекосах ;
- великі динамічні навантаження на привод і коливання корпуса конвертера.

Напівнавісний привод видаляє деякі недоліки стаціонарного приводу,

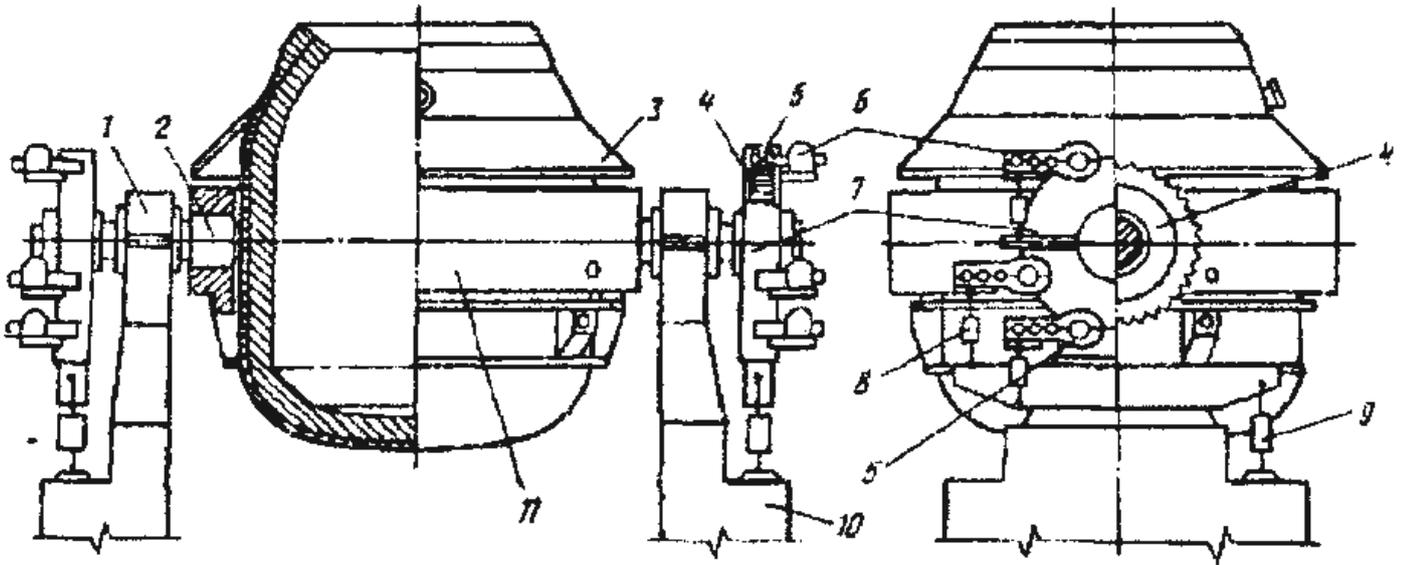
наприклад, перенос універсальних шпинделів в менш напружену зону. Тихохідний редуктор навішено на цапфі конвертору.

В данному випадку недоліки стаціонарного приводу усунуті частково, залишилися довгі універсальні шпинделі, які незважаючи на менші навантаження можуть бути причиною небажаних коливань конвертера.

В останні роки застосовують досконаліші навісні (закріплені на цапфі) багатодвигунні механізми поворота. Навісний привід може бути одностороннім і двохстороннім. Кількість двигунів по 4...6 штук з однієї сторони (рис.3).

На цапфі жорстко закріплено приводне зубчасте колесо (4), закрите корпусом (7); цей корпус спирається на цапфу через підшипники і від повертання його утримує демпфер (9). Таким чином, при обертанні зубчастого колеса (4) з цапфою (2) корпус (7) залишається нерухомим. Зубчасте колесо обертають кілька (від 4 до 6) електродвигунів з редукторами (6) з вихідними валами-шестернями (5). Вони входять в зачеплення з колесом; ці вали-шестерні через підшипники кріпляться в отворах стінки корпусу (7). Електродвигуни з редукторами тримаються (навішені) на валах-шестернях (5); обертаючи вали, самі двигуни залишаються нерухомими, так як утримуються від повертання демпферами (8).

Навісний багатодвигунний привід володіє наступними перевагами: перекид цапф не впливає на його працездатність, оскільки, будучи закріпленим на цапфі, привід переміщується разом з нею; при виході з ладу одного двигуна привід залишається дієздатним; демпфери частково компенсують динамічні навантаження при включеннях і гальмуваннях, що знижує знос шестерень приводу; в 2...3 рази зменшується маса приводу; істотно зменшується площа, необхідна для його установки, так, максимальний розмір вздовж осі колон цеху у 300-т конвертера з двостороннім стаціонарним приводом складає близько 28м, а при двосторонньому навісному приводі- близько 20 м.



1-опора; 2-цапфа; 3-корпус; 4-зубчате колесо; 5-шестерня;
 6-швидкохідний редуктор; 7-тихохідний редуктор;
 8,9-демпфер; 10-опорна станина; 11-опорне кільце

Рисунок 3 - Двохсторонній навісний привод

Характеристика навісного приводу наведена в табл.4.

Таблиця 4 - Технічні характеристики кисневих конверторів із навісним багатодвигунним приводом

Місткість конвертера, т	300...350	350...400
Внутрішній об'єм, м ³	267,8	320
Питомий об'єм, м ³ /т	0,89	0,9...0,8
Внутрішні розміри за футеровкою, мм :		
Висота	7275	11050
Діаметр	6600	7000
Габарити:		
Довжина	20730	22700
Ширина	7680	12400
Маса без футеровки, т	1204,2	1225
Частота обертання, 1/хв.	1,03	1,03
Схема установки приводу	Двосторонній	Двосторонній

При проектуванні конвертеру необхідно враховувати головну вимогу

безпеки до посудин з рідким металом: стійкість при будь-яких кутах нахилу, тобто повернення у вихідне положення, у випадках аварії. Перекидний момент повинен бути завжди позитивним при будь-якому куту нахилу. Як показали розрахунки це правило виконується, тому що центр ваги конвертеру знаходиться в протилежній стороні від вісі повороту і нижче її.

При проектуванні конвертеру необхідно враховувати головну вимогу безпеки до посудин з рідким металом: стійкість при будь-яких кутах нахилу, тобто повернення у вихідне положення, у випадках аварії. Перекидний момент повинен бути завжди позитивним при будь-якому куту нахилу. Як показали розрахунки це правило виконується, тому що центр ваги конвертеру знаходиться в протилежній стороні від вісі повороту і нижче її.

Для запобігання поломок фурми від напруги, що виникає внаслідок різного теплового розширення її елементів, в фурмі встановлено компенсійні пристрої: сальфонні металеві шланги, рухомі сальникові ущільнювачі або телескопічні з'єднання двох труб. Довжина фурми 300т конвертеру досягає 27м. Головка фурми є змінною, в ній розташовані: розподілювач води та отвори в вигляді сопел Лавалля (рис.4). Через них кисень поступає до полости конвертеру. Головки виконуються зварними або литими. Всю головку або її частину, що повернута до зони найвищих температур (до 2600° С) виготовляють із міді.

Чисельність сопел Лавалля змінюється залежно від ємності конвертеру і кількості кисню, що подається. Кут розходження сопел зменшують по мірі зниження ємності (від 19° у семи соплової фурми для великовагового конвертеру до 9° у трьох соплової фурми для малого конвертеру).

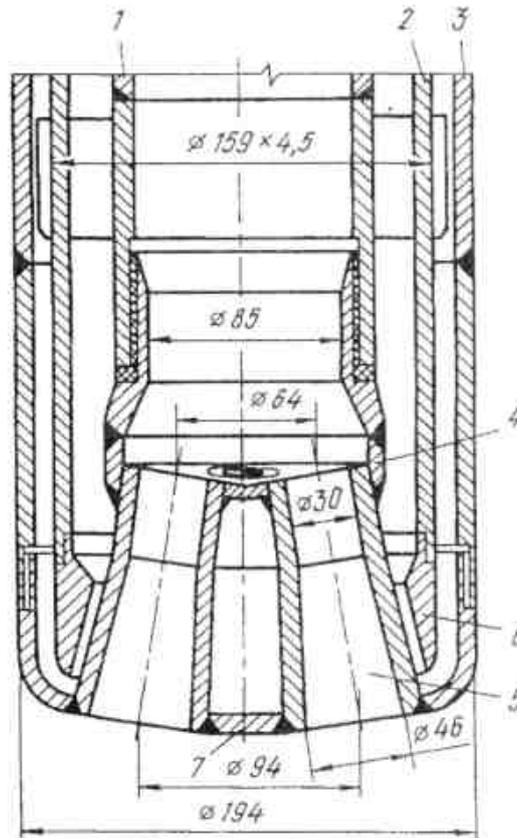
При великому куті розходження кисневих струй в малих конвертерах вони наближаються до футеровки, що приводить до її підвищеного зносу. Діаметр сопла визначається розрахунком за формулою:

$$d = 3,5\sqrt{V/P}, \quad (3)$$

де P - тиск кисню перед соплом, МПа; V- витрати кисню через сопло, м³/хв.

Звичайно - $250 \text{ м}^3/\text{хв}$.

Температура води не повинна перевищувати 30°C , щоб не випадала сіль жорсткості на стінках сопел. Подача води на великих конвертерах досягає $500 \text{ м}^3/\text{год}$. Стійкість головок складає 50...150 плавок.



1-3 – сталеві труби; 4 – сопловий колектор; 5 – сопло;
6 – розподільник води; 7 – торець головки фурми.

Рисунок 4 - Головка чотирьохсоплової фурми

Завдання для самостійної роботи

Завдання. Розрахувати конструкцію киснево-конвертерного агрегату за вихідними даними, наданими в таблиці 5.

Таблиця 5 – Вихідні дані для розрахунку конструкції киснево-конвертерного агрегату

Варіант	Садка конвертера (Т), т
1	10
2	15
3	20
4	25
5	30
6	35
7	50
8	100
9	150
10	180
11	210
12	270
13	300
14	350