

## 1. Теоретичні положення до лабораторних робіт №1-3

У сучасній теплоенергетиці доля парових котлів із природною циркуляцією є вельми значною. Більшість парових котлів з тиском  $P \leq 14 \text{ МПа}$  працює з природною циркуляцією води й пароводяної суміші в їх пароутворюючій частині. У промисловій теплоенергетиці практично всі парові котли з природною циркуляцією. Звідси витікає роль і важливість процесів природної циркуляції для нормального і надійного функціонування теплоенергетики.

Під природною циркуляцією розуміється неперервний рух води й пароводяної суміші в пароутворюючих частинах котла, який відбувається внаслідок різниці густини води  $\rho_v$  (у опускній частині циркуляційного контуру) та пароводяної суміші  $\rho_{пв.см}$  (у підйомній частині контуру) і виникає в результаті підводу теплоти до підйомних обігрівних труб.

Контур природної циркуляції (циркуляційний контур) – це замкнута гідравлічна система опускних та підйомних труб, які замикаються найчастіше барабаном котла і по яким рухається вода та пароводяна суміш. За наявності виносних циклонів замикаючим елементом є сам виносний циклон.

Значення природної циркуляції полягає в тому, що вона забезпечує насамперед надійність роботи пароутворюючої частини парового котла, а значить і всього котла. Доки циркуляція надійна й стійка, доти надійно працює і котел. Це обумовлено великим значенням коефіцієнта тепловіддачі від стінки до води  $\alpha_2 = (5-20) \cdot 10^3 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$ , тобто при усталеній циркуляції забезпечується інтенсивний відвід теплоти від поверхні нагріву. Але можуть з'явитися різні порушення циркуляції, при цьому умови теплообміну будуть змінюватися і паровий котел буде працювати в аварійному режимі.

Перші три лабораторні «Визначення гідравлічної характеристики опускних труб контуру», «Визначення кратності циркуляції», «Визначення

характеристик двофазного потоку на повітряно-водяному стенді» відносяться до циклу «Дослідження природної циркуляції».

Перші дві роботи виконуються на лабораторному стенді, який представляє собою діючу модель парового котла з природною циркуляцією. Третя робота виконується на повітряно-водяній моделі руху суміші повітря і води.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1  
ВИЗНАЧЕННЯ ГІДРАВЛІЧНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПУСКНИХ  
ТРУБ КОНТУРУ ПРИРОДНОЇ ЦИРКУЛЯЦІЇ

1.1 Опис лабораторного стенду

Гідравлічною характеристикою опускних труб контуру є залежність їх опору від витрати води  $\Delta P = f(D_e)$ .

Отримана в роботі укаzana характеристика необхідна для визначення витрат води в контурі при виконанні лабораторної роботи №2.

Схема лабораторного стенду представлена на рис. 1.1

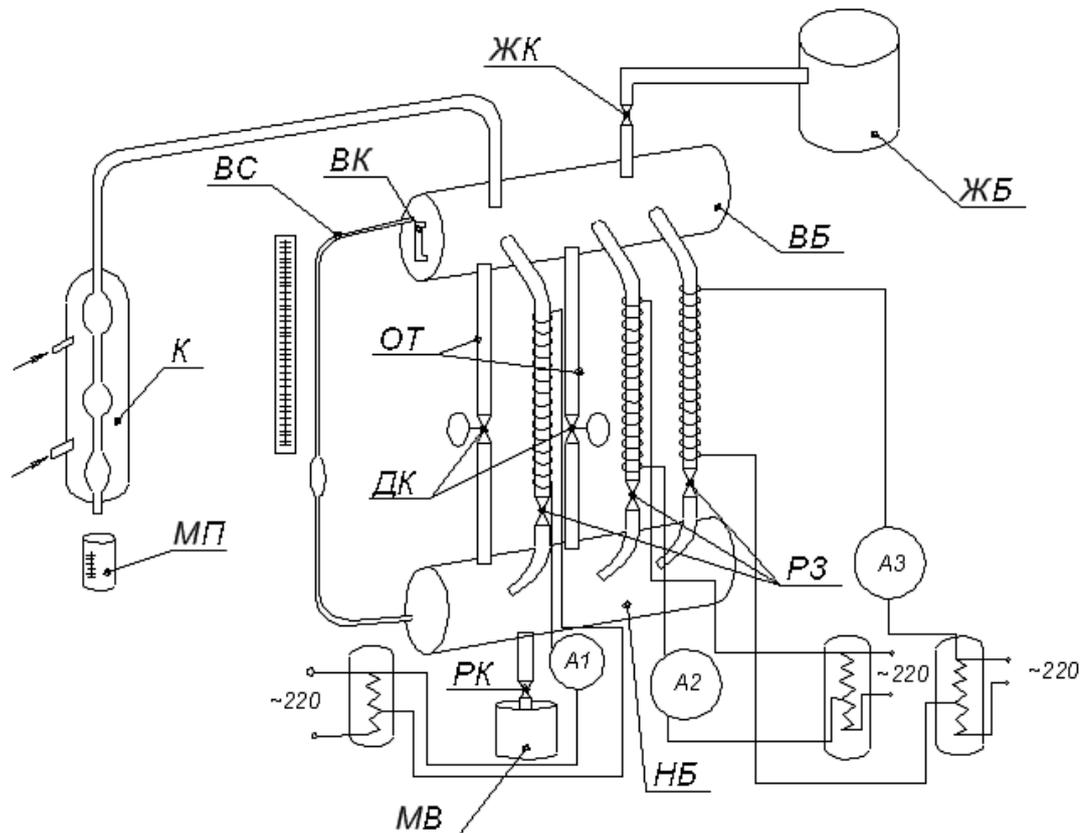


Рисунок 1.1 – Схема лабораторного стенду для дослідження циркуляції

Модель парового котла працює при атмосферному тиску та складається з елементів що включаються у схему двохбарabanного котла:

верхнього барабана (ВБ), нижнього барабана (НБ), опускних труб (ОТ), кип'ятильних труб (КТ).

Верхній барабан оснащений водовказівним склом (ВК) та живильними клапаном (ЖК), який регулює підведення води в барабан. На опускних трубах встановлені дросельні клапани (ДК), за допомогою яких регулюється гідравлічний опір опускних труб, завдяки чому імітуються контури з різним відносним перерізом опускних труб.

На гумових з'єднуючих патрубках, що з'єднують киплячі труби з нижнім барабаном, встановлені зажими (РЗ).

Кип'ятильні труби виготовлені з кварцового скла та оснащені дротяними ніхромовими підігрівачами. Живлення підігрівачів здійснюється перемінним струмом із мережі через автотрансформатори; сила струму регулюється для кожної трубки окремо. Потужність, яку споживає система, визначається за формулою, Вт:

$$N=I^2R,$$

де  $I$  – струм у нагрівачі кожної труби, А;  $R$  – омичний опір дротяного нагрівача кожної труби, Ом.

Для опускних труб значення  $R$  наступне:

для 1-ї (зліва)  $R_1=6,54$  Ом

2-ї  $R_2=5,13$  Ом

3-ї  $R_3=6,81$  Ом.

Нижній барабан оснащений опускним патрубком з регулюючим клапаном (РК) та водомірним склом (ВС), яке розташоване поблизу від водовказівного скла верхнього барабана (ВБ) і оснащене шкалою, яка дозволяє відраховувати різницю тисків у верхньому та нижньому барабанах.

До складу дослідної установки входять також: живильний бак (ЖБ), розташований над моделлю котла; конденсатор (К) – для конденсації пару, (конденсатор охолоджується водою з водопроводу); мірна посудина (МП) для виміру витрати пару (конденсату); мірна посудина (МВ) для виміру

кількості води, що протікає через опускні труби при виконанні лабораторної роботи №1.

### 1.2 Порядок виконання роботи

Для зручності проведення досліду залежність  $\Delta P = f(D_e)$  визначається на холодній воді (при кімнатній температурі).

1. Живильний бак заповнюється водою.
2. Рядом з мірною посудиною МВ встановлюють достатньо велику посудину (відро) для зливу води з нижнього барабана.
3. Заповнюють котел водою з живильного бака до нульової відмітки шкали. Зажими РЗ мають бути звільнені.
4. При закритих клапанах ЖК і РК рівні води у водомірному склі ВС та водовказівному склі ВК мають бути однаковими.
5. Дросельний клапан ДК на правій опускній трубі закривають повністю, на лівій – встановлюють в одне з положень, вказаних керівником занять.
6. Відкривають всі три зажими РЗ.
7. Одночасно відкривають клапани ЖК і РК і регулюють їх так, щоб рівень води у верхньому барабані залишався постійним (на нулі шкали). Воду зливної патрубку нижнього барабану направляють у відро. Якщо у ході досліду рівень води у верхньому барабані буде змінюватися, підтримувати його потрібно тільки діючи на клапан ЖК.
8. Після того як у верхньому барабані встановиться постійний рівень, воду, що опускається з нижнього барабану направляють у мірну посудину МВ. При цьому по секундоміру визначають тривалість заповнення мірної посудини.
9. Виміряють і записують різницю рівнів  $\Delta h$ , мм, у скляних трубках ВК та ВС. Коли вода випускається в мірну посудину, різниця рівнів має залишатися постійною.
10. При даному положенні клапана ДК проводять 5-6 дослідів при різних витратах води, в проміжку  $\Delta h = 10 - 450$  мм вод.ст. Регулювання

витрат здійснюється тільки клапаном РК. Час кожного досліду 30 с, кількість зібраної води за дослід – 100-250 мл.

Результати дослідів записують до табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Результати дослідів до визначення характеристики опускних труб

№ п/п	Положення клапана ДК	$\Delta h$ мм	$\tau$ с	$G$ мл	$\Delta P$ кгс/м <sup>2</sup>	$D = 3.6 \frac{G}{\tau}$ , кг/год

11. Повторюють усі операції, починаючи з п.3, при другому положенні дросельного клапана ДК. Усього проводять 3 серії дослідів при різних положеннях клапана ДК. Можливі варіанти положення клапана ДК:

$$n_{DK} = 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 1,0; 1,1,$$

де наприклад 0,3 – встановлення маховичка дросельного клапана на поділці 3, починаючи з закритого положення; 1,1 – один повний оборот до поділки 1.

12. Періодично поповнювати запас води в живильному баці.

### 1.3 Складання характеристики опускних труб

Для кожного з дослідів, проведених при відповідному положенні клапана ДК та різних значеннях  $\Delta h$ , підраховують:

а) витрату води, кг/год:

$$D = \frac{G \cdot 3600}{\tau \cdot 1000}, \quad (1.1)$$

де  $G$  – кількість води, зібрана у мірній посудині за дослід. мл;

$\tau$  – тривалість заповнення мірної посудини, с;

б) опір опускних труб для кожного з дослідів, кгс/м<sup>2</sup>:

$$\Delta P = \frac{\Delta h \cdot \rho_s}{1000}, \quad (1.2)$$

де  $\Delta h$  – виміряна різниця рівнів, мм;  $\rho_s$  – густина води, для данної температури можна прийняти  $\rho_s = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

Розрахункові дані заносяться до табл. 1.1. Після цього будують графік  $\Delta P = f(D_с)$  на міліметровці, вибравши зручний для користування графіком масштаб.

#### 1.4 Контрольні запитання

1. Будова експериментальної установки, призначення окремих елементів.
2. У чому смисл встановлення різних положень клапана ДК?
3. Які види та місця появи різних видів гідравлічних опорів, що з'являються при русі води в циркуляційному контурі дослідної установки?
4. Яке призначення отриманої характеристики  $\Delta P = f(D_с)$ ?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2 ВИЗНАЧЕННЯ КРАТНОСТІ ЦИРКУЛЯЦІЇ

### 2.1 Теоретичні положення

Швидкість циркуляції  $W_o$ , м/с, – швидкість води в підйомних трубах, тобто швидкість води, віднесена до перерізу підйомних труб.

$$W_o = 0.2 \div 1.5 \text{ м/с}$$

Під кратністю циркуляції розуміють відношення кількості води, що поступає у випарні труби, до кількості створеної в них пари.

Кратність циркуляції  $K$ , кг/кг:

$$K = \frac{D_e}{D_n}, \quad (2.1)$$

де  $D_a, D_i$ , кг/год – витрати води, що поступає в контур, і пара, який утворився в підйомних трубах даного контуру.

$$K = f(P_{\text{бараб}}; D) = 5 \div 200.$$

Існує також поняття граничної кратності циркуляції  $K_{\text{гран}} = 4$ , під яким розуміється мінімальне значення  $K$ .

Рухомий напір природної циркуляції, кгс/м<sup>2</sup>:

$$S_n = h_{\text{нар}} (\rho_v - \bar{\rho}_{\text{нв.см}}), \quad (2.2)$$

де  $h_{\text{нар}}$ , м – висота частини контуру, що вміщує пар

Корисний напір контуру, кгс/м<sup>2</sup>:

$$S_{\text{кор}} = S_n - \Delta P_{\text{нід}} = \Delta P_{\text{он}}, \quad (2.3)$$

де  $\Delta P_{\text{нід}}; \Delta P_{\text{он}}$  – гідравлічні опори підйомної та опускної частин контуру.

Таким чином, корисний опір – це частина рухомого (тобто повного) напору природної циркуляції, який витрачається на подолання опору опускної частини контуру.

Основні види порушень природної циркуляції:

1. Застій циркуляції
2. Створення вільного рівня
3. Реверс циркуляції та запарювання труб при цьому

4. Розшарування пароводяної суміші
5. Порушення нормального надходження води до опускних труб у результаті надходження або появи в них пару
6. Зниження кратності циркуляції до значення  $K < K_{гран}$

## 2.2 Порядок проведення дослідів

1. Живильний бак заповнюють водою
2. Перевіряють чи повністю закриті зажими (РЗ). Кількість включених підйомних труб узгодити з керівником занять.
3. Заповнюють котел до нульової відмітки шкали. Дросельний клапан ДК на правій опускній трубі має бути закритий повністю, а на лівій – встановлюють в одне з положень, вказаних у лабораторній роботі №1, у відповідності з вказівками керівника занять.
4. Пускають воду на охолодження конденсатора.
5. Включають струм на підігрів кип'ятильних труб і підтримують постійну силу струму у відповідності із заданим керівником занять режимом (табл.2.1).

Таблиця 2.1 – Можливі варіанти електричної загрузки нагрівачів

Кипляча труба	Варіанти, А				
	I	II	III	IV	V
1-а (ліва)	4	4,5	5	4,75	5,5
2-а (середня)	4	4,5	5	5,50	5,5
3-я (права)	4	4,5	5	4,75	5,5

6. Коли встановлюється рівномірне кипіння, відкривають і регулюють клапан ПК так, щоб рівень води в барабані залишався постійним.

7. Конденсат, що витікає з конденсатора, направляють у мірну посудину СП. Записують час початку й кінця відбору конденсату.

Тривалість відбору конденсату має бути такою, щоб загальна кількість конденсату складала 150-200 мл.

8. З моменту початку та до кінця накопичення конденсату через кожні 2 хв вимірюють різницю рівнів у водовказівних скляних трубках ВУ та ВС і реєструють силу струму на кожну кип'ятильну трубу.

9. На початку досліду, в середині та в кінці в проміжках між вимірами різниці рівнів визначають поправку, обумовлену різницею температур води в циркуляційному контурі та у водомірному склі ВС. Для цього на короткий час виключають нагрів підйомних труб і після встановлення різниці рівнів у стеклах ВК та ВС проводять замір  $\Delta h_m$ .

10. Після того як у мірній посудині буде накопичено задану кількість конденсату, дослід закінчується. При цьому необхідно: виключити струм на нагрів кип'ятильних труб і через 5 хв після цього закрити воду на конденсатор.

11. Під час досліду ведеться табл.2.2 (для кожного досліду окремо).

Таблиця 2.2 – Результати дослідів з визначення кратності циркуляції

Номер відрахунку	Час, хв	$h$	$\Delta h_m$	Постійні даного досліду
		Мм		

Степінь відкриття клапана

$n_{DK} =$

Час проведення експерименту

$\tau =$  , с

Кількість отриманого конденсату

$G_k =$  , мл

### 2.3 Обробка дослідних даних

1. Тривалість дослідження  $\tau$ , с.
2. Паропроодуктивність котла за час дослідження, кг/год:

$$D_n = \frac{G_k \cdot 3600}{\tau \cdot 1000}, \quad (2.4)$$

де  $G_k$  – кількість конденсату, накопиченого за дослід, мл.

3. Середня видима різниця рівнів у склах ВК та ВС, мм:

$$h_{в.ср.} = \frac{\sum h}{n}, \quad (2.5)$$

де  $n$  – число вимірів.

4. Середня різниця рівнів з урахуванням поправки  $\Delta h_m$  на різницю температур води у водомірному склі ВС та опускних трубах, мм вод.ст.:

$$h_{ср} = h_{в.ср.} - \Delta h_m \quad (2.6)$$

5. Середній опір опускних труб, кгс/м<sup>2</sup>:

$$\Delta P = \frac{h_{ср} \cdot \rho_{зар}}{1000}, \quad (2.7)$$

де  $\rho_{зар}$  - густина киплячої води (при атмосферному тиску  $\rho_{зар} = 958$  кг/м<sup>3</sup>).

6. Кількість води  $D_e$ , що входить у випарні труби, визначається через опір опускних труб, тобто по їх характеристиці. Характеристика  $D_e = f(\Delta P)$ , для даного відкриття клапана знаходять  $D_e^{хол}$ , була визначена в лабораторній роботі №1 для холодної води.

7. Для гарячої води, для однакових опорів опускних труб витрата гарячої води визначається з урахуванням поправки, кг/год:

$$D_e = D_e^{хол} \sqrt{\frac{\rho_{зар}}{\rho_{хол}}}, \quad (2.8)$$

де  $\rho_{зар}$  та  $\rho_{хол}$  - густини відповідно гарячої та холодної води, кг/м<sup>3</sup>.

Кількість води, що випаровується у даному циркуляційному контурі, визначається виміром конденсату пари.

8. Розраховують відповідну кількість гарячої води:

$$D_g = D_g^{хол} \sqrt{\frac{\rho_{гар}}{\rho_{хол}}} = D_g^{хол} \sqrt{0,958}. \quad (2.9)$$

9. Кратність циркуляції:

$$K = \frac{D_g}{D_n}. \quad (2.10)$$

Ця робота виконується при 3 відкриттях дросельного клапана ДК, які мають місце у лабораторній роботі №1, тобто при різних опорах опускних труб і при різній інтенсивності обігріву кип'ятільних труб за вказівками керівника занять.

### Контрольні запитання

1. Поняття рухомого та корисного напорів природної циркуляції.
2. Поняття і порядок величин кратності циркуляції. Від чого він залежить?
3. Поняття, значення граничної кратності циркуляції та чому недопустимо  $K < K_{гран}$ ?
4. Чим обумовлена необхідність внесення поправки  $\Delta h_m$ ?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3  
ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДВОХФАЗНОГО ПОТОКУ НА  
ПОВІТРЯНО-ВОДЯНОМУ СТЕНДІ

3.1 Основні теоретичні положення.

Ціль роботи – візуально вивчити характеристики повітряно-водяної суміші при бульбашковому, снарядному та стрижневому режимах течії при різних положеннях труби; дати можливість студентам отримати навички постановки експерименту на повітряно-водяних моделях двухфазного потоку

Надійність роботи випарних труб парових котлів залежить у першу чергу від інтенсивності внутрішнього тепловідводу від стінки до пароводяної суміші, яка визначає температуру металу поверхні нагріву. В аналогічних теплових умовах працюють також парогенеруючі канали атомних реакторів.

Інтенсивний тепловідвід та надійний режим роботи парогенеруючих труб зберігається при двухфазному потоці до тих пір, поки внутрішня поверхня омивається рідкою фазою. Якщо ж ділянка труби починає омиватися паром, який рухається повільно (або зовсім не рухається), відбувається швидке зростання температури металу і настає аварійна ситуація.

Інтенсивність тепловідводу, таким чином, визначається основним характером руху двухфазного потоку, його структурою.

Основними характеристиками двухфазного потоку по відношенню до пароводяної суміші є наступні величини:

1) швидкість циркуляції – швидкість, яку мала б вода, якби вона протікала із тією ж масовою витратою, що і пароводяна суміш, м/с:

$$W_o = \frac{D+G}{\rho \cdot f}, \quad (3.1)$$

де  $D, G$  – відповідно витрати пари та води, кг/с;  $\rho'$  – густина води на лінії насичення, кг/м<sup>3</sup>;  $f$  – площа поперечного перерізу труби, м<sup>2</sup>;

2) приведені швидкості пари та води – умовні швидкості, які мали б середовища, якби кожне з них повністю займало весь переріз, м/с:

$$W_o'' = \frac{D}{\rho'' \cdot f}; \quad (3.2)$$

$$W_o' = \frac{G}{\rho' \cdot f}; \quad (3.3)$$

3) швидкість пароводяної суміші – сума приведених швидкостей води і пари, м/с:

$$W_{cm} = W_o' + W_o''. \quad (3.4)$$

Для підйомних труб з  $d < 30$  мм

$$W_{cm}^{порт} = \frac{0,713}{\sqrt{d_{ен}}} (W_o' + W_o'') \quad (3.5)$$

4) масовий паровміст – відношення масової витрати пари до загальної витрати суміші в даному перерізі труби:

$$x = \frac{D}{D + G}; \quad (3.6)$$

5) об'ємний паровміст – відношення об'ємної витрати пари до сумарної об'ємної витрати суміші:

$$\beta = \frac{\frac{D}{\rho''}}{\frac{D}{\rho''} + \frac{G}{\rho'}} = \frac{W_o''}{W_{cm}}; \quad (3.7)$$

6) істинний паровміст, який враховує долю перерізу труби, заповнену парою ( $f''$ ):

$$\varphi = \frac{f''}{f}. \quad (3.8)$$

Величина  $\varphi$  – основна характеристика пароводяної суміші, яка відображає реальний розподіл швидкостей води та пари, враховує відмінність у швидкостях парової та рідкої фаз, що обумовлена різницею

густин. При постійній масовій витраті суміші збільшення швидкості пари  $W''$  приводить до зменшення  $\varphi$  та  $W'$ .

Експериментальну величину  $\varphi$  у парогенеруючих трубах отримують за допомогою радіометрії – просвічуванням труб  $\gamma$ -променями.

В інженерній практиці

$$\varphi = c \cdot \beta, \quad (3.9)$$

де  $c$  – коефіцієнт пропорційності, який представляє собою відношення швидкості пароводяної суміші до істинної швидкості пари, тобто враховує наявність відносної швидкості між потоком пари та води.

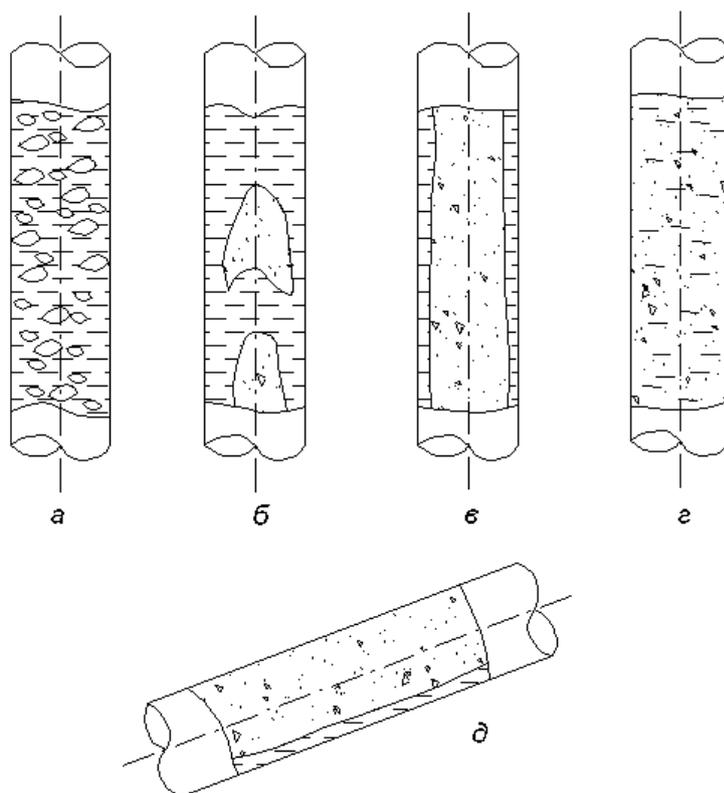
Величина  $c$  визначається при розрахунках за допомогою експериментальних залежностей  $c=f(P, W_{cm})$ .

В залежності від відношення викладених основних характеристик та відносного розташування труби розрізняють чотири основні режими течії двохфазного потоку, загальний характер яких представлений на рис.3.1.

Бульбашковий режим (рис.3.1,а) характеризується відносно рівномірним розподілом бульбашок пари малого діаметру в перерізі труби. Спостерігається при малих вмістах пари ( $\beta < 0,1$ ) та низьких швидкостях суміші.

При цьому режимі забезпечується надійна робота випарних поверхонь.

Снарядний режим (рис.3.1,б) характеризується високим паровмістом. Окремі снарядоподібні бульбашки пари відокремлені прошарками води, у якій рухаються невеличкі бульбашки пари. Снарядний режим нестійкий, характеризується гідравлічними ударами, зміною температури металу ділянок труби за наявності інтенсивного обігріву.



а – бульбашковий; б – снарядний; в – кільцевий (стрижневий); г – емульсійний; д – розшарування суміші на дві фази

Рисунок 3.1 – Режимы течії двохфазного потоку

Стрижневий режим (рис.3.1,в) характеризується рухом пари по центру труби, а води – по стінці труби з меншою швидкістю. Режим може з’явитися при високих тисках, коли  $W_{см}$  падає до значення  $0,1 \dots 0,2$  м/с, або коли вміст пари  $x$  досягає  $0,6 \dots 0,7$ .

При цьому може виникнути зрив плівки та погіршення тепловіддачі при теплових потоках, значно менших, ніж при перших двох режимах.

Емульсійний режим (рис.3.1,г) характеризується порівняно рівномірним розподілом фаз по перерізу труби та існує при  $\beta > 0,8 \dots 0,9$ . Перехід від стрижневого режиму до емульсійного пов’язаний зі зривом плівки і відбувається тим раніше, чим більша швидкість потоку. При низьких швидкостях у горизонтальних трубах відбувається розшарування (рис.3.1,д) пароводяної суміші, яке може призвести до недопустимого перегріву верхньої частини труби.

### 3.2 Опис стенду

Як показали спеціальні дослідження, картина повітряно-водяної суміші аналогічна руху суміші води й пари. Це дозволяє в даній лабораторній установці в якості робочого середовища використовувати суміш повітря та води при кімнатній температурі, що суттєво спрощує задачу.

Стенд (рисунок .3.2) складається з демонстраційного контуру 1, виготовленого з плексигласових труб з внутрішнім діаметром 22 мм.

Вода в контур входить через запірно-регулюючий вентиль В1. Для виміру витрати води використовується ротаметр РТ-1 марки РМ-2,5ЖУЗ. Контур має три робочі ділянки: вертикальну підйомну А, горизонтальну Б та вертикальну опускную В. Повітря в контур подається по лінії стисненого повітря 3 від компресорної установки марки УК-25-1,6М. Витрата повітря регулюється за допомогою вентиля В2, встановленого на компресорній установці. Вимірюється витрата повітря ротаметром РТ-2. компресорна установка включає власне компресор К діафрагменного типу, ресивер Р для накопичення стисненого повітря, запобіжний клапан ЗК, фільтр повітря Ф, електродвигун ЕД. Тиск повітря контролюється манометром М. На лінії стисненого повітря встановлений зворотний клапан 4, призначений для запобігання потрапляння води з робочого каналу в ротаметр РТ-2 та компресор К у випадку зниження тиску повітря нижче тиску води. Для відсікання ротаметру РТ-2 також передбачений вентиль В3. Для тарування витрати води передбачена скидна лінія 5 з вентилем В4.

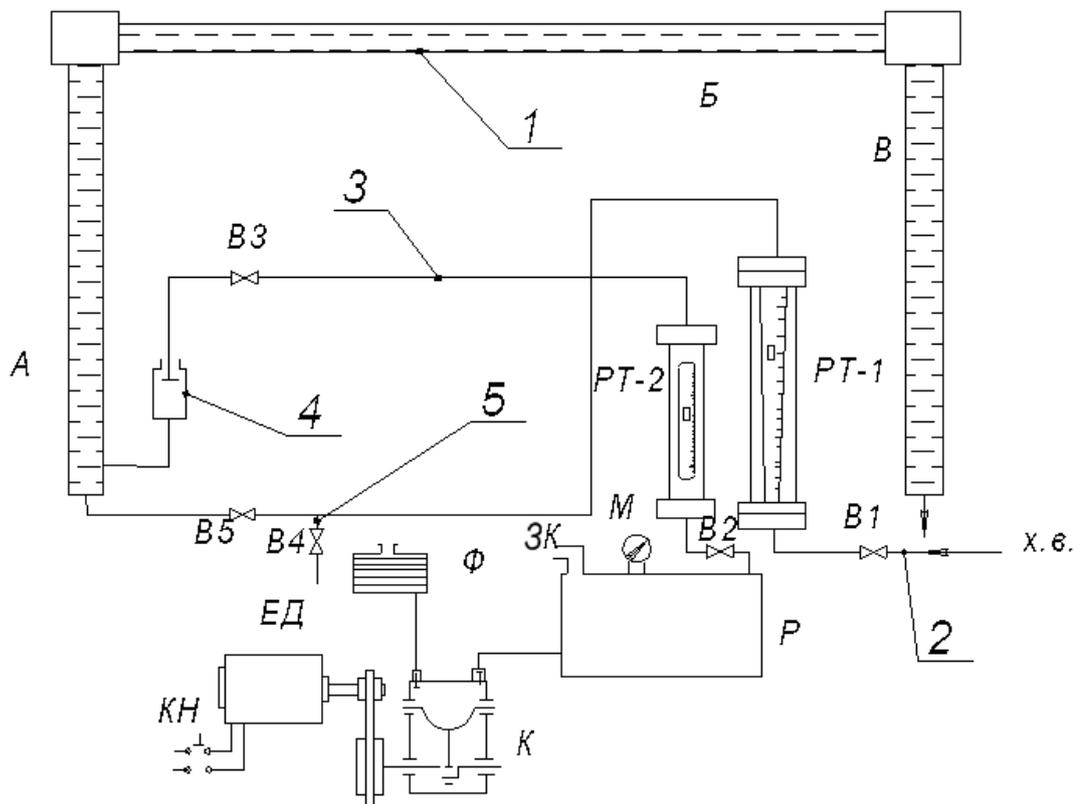


Рисунок 3.2 – Схема стенду

Повітряно водяна суміш після робочої ділянки скидається в каналізаційну мережу.

### 3.3. Методика проведення дослідів

Відкривають вентиль В1 і водопровідна вода заповнює контур та скидається в дренаж при відкритому вентилі В5. Короткочасним натиском кнопки пускача компресорної установки КН (2-3 с) включається компресор і досягається максимальний тиск у ресивері Р (~0,2 МПа). Після цього відкриваються повітряні вентиля В2 та В3, здійснюється подача повітря в контур. Повітря, змішуючись у підвідній трубі з водою, створює повітряно-водяну суміш.

Змінюючи витрату води вентилям В1 і витрату повітря вентилям В2, встановлюють бульбашковий режим течії двофазного потоку. При стійкому заданому режимі проводиться запис показань ротаметрів РТ-1 та РТ-2 (повітряного й водяного).

Потім, змінюючи витрату води та повітря, встановлюють черговий режим течії (снарядний, стрижневий).

На кожному режимі роблять три досліди, змінюючи в допустимих для даного режиму границях витрати повітря, фіксують характер потоку на ділянках А,Б,В контуру.

Результати вимірів заносять до табл.3.1.

Таблиця 3.1 – Результати дослідів з визначення характеристик двофазного потоку

Режим течії	Номер дослідів	Показання ротаметру		Особливості дослідів, режиму
		водяного РТ-1	повітряного РТ-2	
Бульбашковий	1			
	2			
	3			
Снарядний	1			
	2			
	3			
Стрижневий	1			
	2			
	3			

Після закінчення дослідів вимикається компресор натиском КН, закривається водяний вентиль В1 і після зниження тиску в ресивері Р до атмосферного закривається повітряний вентиль В2.

### 3.4 Методика обробки дослідних даних

1. По тарувальним графікам і таблицям, за даними ротаметрів визначаються витрати води  $G$  та повітря  $D$  (кг/с), із довідкових таблиць визначаються густина води та повітря  $\rho_v, \rho_{пов}$

2. Вираховують для кожного дослідів такі величини:

масовий паровміст  $x$  за (6);

- швидкість циркуляції  $W_o$  за (1);
- приведена швидкість пари  $W_o''$  за (2);
- приведена швидкість води  $W_o'$  за (3);
- швидкість пароводяної суміші  $W_{см}$  за (5);
- об'ємний паровміст  $\beta$  за (7);
- коефіцієнт пропорційності визначається згідно розділу 2В в [1];
- істинний об'ємний паровміст  $\varphi$  за (9).

Примітка. У формули (3.1),(3.2),(3.3),(3.7) підставляються замість густини пари  $\rho''$  густина повітря  $\rho_{нов}$ , а замість густини киплячої води  $\rho'$  густина водопровідної води  $\rho_в$ .

Результати обробки дослідних даних записуються в табл.3.2.

Таблиця 3.2 – Результати обробки дослідних даних

Режим течії	Номер досліді	$G$	$D$	$x$	$W_o$	$W_o'$	$W_{см}$	$\beta$	$c$	$\varphi$
		кг/с			м/с					

За результатами обробки будуються залежності  $\beta=f(x)$ ,  $\varphi=f(x)$  на одному графіку та залежність  $\varphi=f(\beta)$  на іншому.

1. Що таке швидкість циркуляції?
2. Що таке приведені швидкості парової та рідкої фаз? Їх визначення в роботі.
3. Відмінність між об'ємним  $\beta$  та істинним паровмістом  $\varphi$ . Їх визначення в роботі.
4. Різновиди структур двухфазного потоку, умови їх виникнення.
5. Схема експериментального стенду.
6. Методика встановлення заданого режиму.