



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **113874** (13) **U**
(51) МПК (2016.01)
F15B 19/00
G01M 9/00
G01N 1/22 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

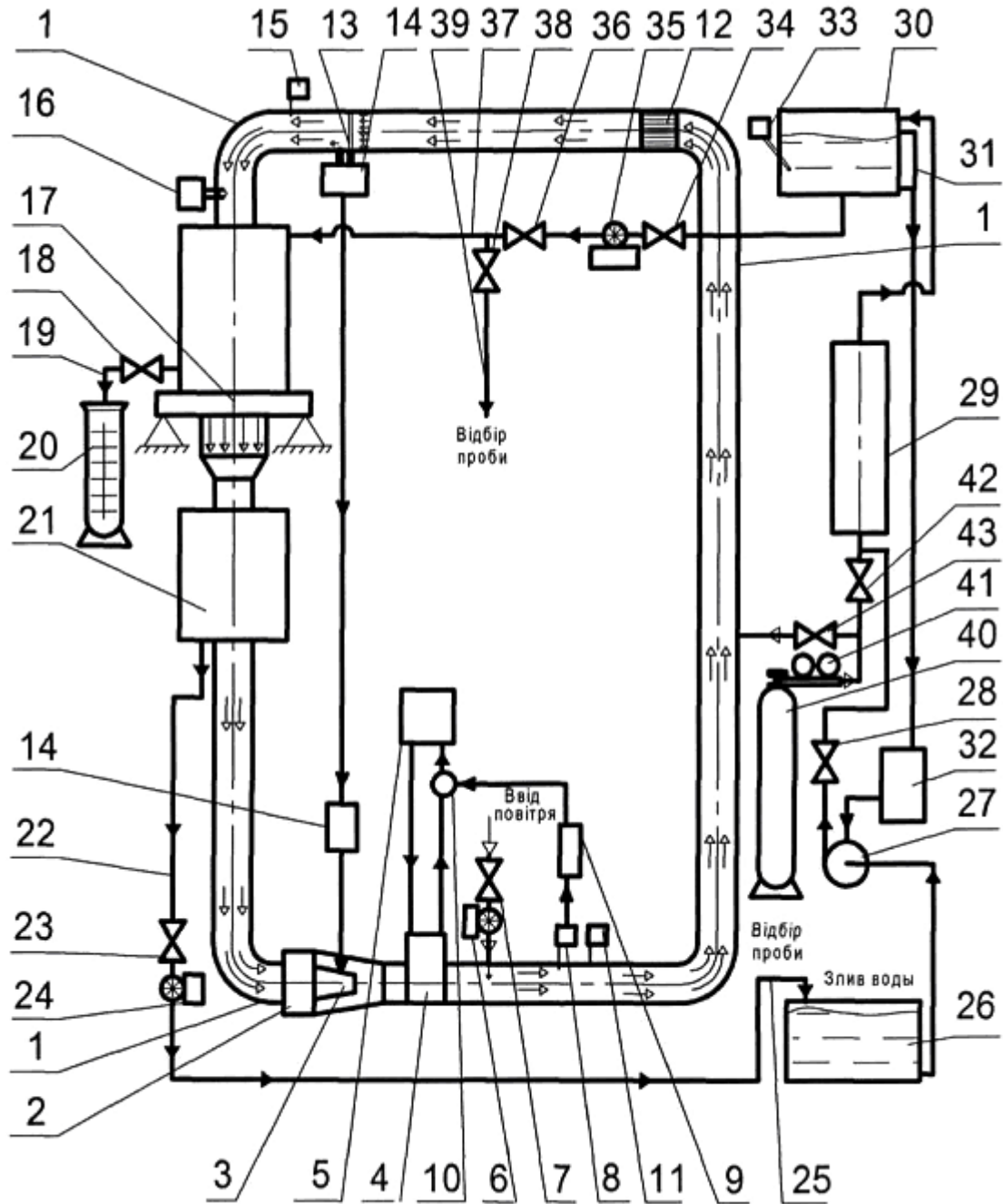
(21) Номер заявки: а 2014 09404	(72) Винахідник(и): Сухоруков Юрій Ігорович (UA), Сухоруков Ігор Васильович (UA), Фик Ілля Михайлович (UA)
(22) Дата подання заявки: 26.08.2014	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 27.02.2017	(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002 (UA)
(41) Публікація відомостей про заяву: 10.03.2016, Бюл.№ 5	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 27.02.2017, Бюл.№ 4	

(54) ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ МАСООБМІННИХ ТА СЕПАРАЦІЙНИХ ПРИСТРОЇВ

(57) Реферат:

Лабораторний стенд для досліджень масообмінних та сепараційних пристроїв, який має повітропровід, що містить повітрорудку, витратний бак рідини, відцентровий насос, водонапірний бак постійного рівня, лінію подачі рідини з вентилями відбору проб, лінію відведення рідини, колону з насадками, балон з вуглекислим газом, газовий редуктор, патрубок з вентиляем для відбору проб. Повітропровід виконаний у вигляді кільцевого аеродинамічного контуру, в якому встановлені датчики температури, вологи, первинний перетворювач витрати повітря з усереднюючими напірними трубками, газорідинний сепаратор, лічильник витрати рідини на зрошування, який оснащено пристроєм стабілізації витрати аеродинамічного (робочого) потоку на заданому рівні та регулювання рівня статичного тиску усередині аеродинамічного контуру, має пристрій виміру витрати робочого потоку на базі первинного перетворювача витрати повітря з усереднюючими напірними трубками, пов'язаного з диференціальним манометром, містить блок регулювання температури з електричним датчиком температури і елементи тепловіддачі від приводного електродвигуна повітрорудки з внутрішнім та зовнішнім теплообмінниками, та має блок регулювання рівня води у водонапірному баку постійного рівня.

UA 113874 U



Корисна модель належить до обладнання для проведення досліджень та випробувань масообмінних та сепараційних пристроїв з метою визначення їх технічних характеристик та режимів експлуатації, які використовуються у нафтовій, газовій, хімічній, харчовій та в інших галузях промисловості.

5 Відомий пристрій повітряного експериментального стенда, [1, стор. 621-623], який має двигун, компресор, ресивер, фільтр, підігрівач, статичні установки, експериментальну турбіну, установку для зважування реактивних зусиль, аеродинамічну трубу, оптичну установку, холодильник, додатковий компресор, фільтр, глушник, стенд випробування клапанів, ежекторів, то що, ежектор, балони, фільтр та вологовідділювач. У цьому стенді повітря стикається
10 компресором і проходячи крізь ресивер очищається фільтром та підігрівається за необхідністю. Кільцева аеродинамічна труба спроектована таким чином, що окрім пневматичних вимірювань дозволяє вимірювати крутний момент та зусилля за віссю. Аеродинамічна труба є необхідним елементом стенда та призначена для тарувальних випробувань всіляких вимірювальних приладів та необхідних методичних робіт. Замкнута схема є більш складною, але дає
15 можливість незалежно вимірювати зміну числа M та Re , стисненість та в'язкість, що для постановки ряду експериментів ця вимога є головною. При роботі за замкнутою схемою повітря крізь охолоджувач подається у лінію всмоктування компресора.

Недоліком цього пристрою є неможливість вирішення низки задач, які пов'язані з
20 подовженою роботою експериментальних установок з великою секундною витратою при великих швидкостях, ряд експериментів потребує використання складної вимірювальної апаратури. Крім того, повітряний експериментальний стенд призначений для проведення досліджень проточних частин турбін та компресорів і не пристосований для проведення досліджень масообмінних та сепараційних пристроїв.

Найближчим аналогом до заявленої корисної моделі є лабораторна установка УкрНДІгазу
25 для досліджень та випробувань масообмінних та сепараційних пристроїв, [2, стор. 212-214]. Лабораторна установка, у повітропровід якої повітря відбирається з лабораторного приміщення, та має: повітропровід, повітродувку, шиберну засувку, витратомірну шайбу, мікрометричні диференційні манометри, витратний бак рідини, рідинний ротаметр, відцентровий насос, водонапірний бак постійного рівня, лінію подавання рідини до дослідного пристрою, вентиль на
30 лінії подавання рідини, вентиль для відбору проб з лінії подавання рідини, лінію відводу рідини з дослідного пристрою, насадочну колону, балон з вуглекислим газом, газовий редуктор, дослідний взірець масообмінного або сепараційного пристрою, патрубок для відбору проб з дослідного пристрою, ртутні термометри.

Недоліком лабораторної установки УкрНДІгазу є розімкнутість газодинамічного контуру, при
35 цьому відведення відпрацьованого повітря зі стенда здійснюється в лабораторне приміщення, звідки ж здійснюється відбір повітря в повітропровід повітродувкою, що значно обмежує можливість проведення експериментів з необхідністю використання хімічних речовин, шкідливих для здоров'я. Розрахунок витрати повітря лабораторною установкою з використанням витратомірної шайби і мікрометричного диференціального манометра потребує
40 копіткого ручного регулювання мікрометричного лімба рідинно-оптичної частини вимірювача і обчислень по багатьох параметрах, на що при зміні швидкісного режиму витрачається багато часу. Також, лабораторна установка має велику енерговитратність, тому що енергія створеного газодинамічного натиску втрачається і витратомірна шайба створює значний опір повітряному потоку. Налаштування витрати робочого потоку здійснюється вручну шиберною заслінкою, яка є
45 поворотною і має нелінійну залежність витрати робочого потоку від кута її повороту, що істотно ускладнює повторний вихід на параметри попередніх режимів. До того ж в процесі проведення експерименту параметри повітряного потоку (температура, вологість) постійно змінюються, що ускладнює обчислення і приведення результатів випробувань і досліджень до нормальних умов.

50 В основу корисної моделі забезпечення високих метрологічних показників вимірів а також автоматизованого регулювання фізичних параметрів робочого аеродинамічного потоку і допоміжного устаткування при зниженні енергетичних витрат.

Поставлена задача вирішується тим, що в лабораторний стенд для досліджень масообмінних та сепараційних пристроїв, який має повітропровід, що містить повітродувку,
55 витратний бак рідини, відцентровий насос, водонапірний бак постійного рівня, лінію подачі рідини з вентилями відбору проб, лінію відведення рідини, колону з насадками, балон з вуглекислим газом, газовий редуктор, патрубок з вентилем для відбору проб, згідно з корисною моделлю, повітропровід виконаний у вигляді кільцевого аеродинамічного контуру, в якому встановлені датчики температури, вологи, первинний перетворювач витрати повітря з
60 усереднюючими напірними трубками, газорідинний сепаратор, лічильник витрати рідини на

зрошування, який оснащено пристроєм стабілізації витрати аеродинамічного (робочого) потоку на заданому рівні та регулювання рівня статичного тиску усередині аеродинамічного контуру, має пристрій виміру витрати робочого потоку на базі первинного перетворювача витрати повітря з усереднюючими напірними трубками, пов'язаного з диференціальним манометром, містить блок регулювання температури з електричним датчиком температури і елементи теплообмінника від приводного електродвигуна повітродувки з внутрішнім та зовнішнім теплообмінниками, та має блок регулювання рівня води у водонапірному баку постійного рівня.

На кресленні зображена схема лабораторного стенда з кільцевим аеродинамічним контуром для дослідження масообмінних і сепараційних пристроїв в розрізі аеродинамічного контуру 1, в якому встановлені повітродувка 2 з приводним двигуном повітродувки 3, внутрішній теплообмінник 4, зовнішній теплообмінник 5, лічильник всмоктування повітря 6 з вентилям 7, вимірювач температури 8 робочого потоку з блоком регулювання температури робочого потоку 9 і циркуляційним насосом 10, вимірювач статичного тиску робочого потоку 11, спрямовувач робочого потоку 12, первинний перетворювач витрати газу з усереднюючими напірними трубками 13 і диференціальним вимірником перепаду тиску 14, електрично пов'язаним з блоком регулювання витрати робочого потоку 14, вимірювач температури 15, вимірювач вологи 16, опорна станина 17 для розміщення дослідних зразків масообмінних або сепараційних пристроїв, вентиль 18 для відбору проб з дослідного пристрою, зливний патрубок рідини 19 з дослідного пристрою, мірна ємність 20, газорідинний сепаратор 21, лінія відведення рідини 22 в якій розміщені вентиль 23 і лічильник витрати зливу рідини 24 через патрубок 25 у витратний бак рідини 26, пов'язаний через відцентровий насос 27, вентиль 28 і колону з насадками 29 з водонапірним баком постійного рівня 30, який оснащено датчиком рівня води 31, електрично пов'язаним з блоком управління відцентровим насосом 32. У водонапірному баку постійного рівня 30 розміщений вимірювач температури 33. Водонапірний бак постійного рівня 30 через вентиль 34, лічильник витрати рідини на зрошування 35 пов'язаний через вентиль 36 з лінією зрошування рідиною 37, що підключається до дослідного пристрою, і вентилям для відбору проб 38 і далі з патрубком для відбору проб з рідини на зрошування 39. Балон вуглекислого газу 40 служить для насичення через газовий редуктор 41 і вентиль 42 і 43 вуглекислим газом води в колоні з насадками 29 і відповідно у водонапірному баку постійного рівня 30 або робочого потоку.

Стенд із замкнутим газодинамічним контуром працює таким чином. Виконуються усі підключення відповідно до схеми, зображеної на кресленні. Після перевірки на герметичність усіх складових аеродинамічного контуру 1 і визначення загального об'єму його внутрішньої порожнини $V_{\text{роб}}$, задаємо на блоці 14 регулювання витрати робочого потоку відповідний режим і необхідну температуру робочого потоку на блоці 9 регулювання температури робочого потоку, водонапірний бак постійного рівня 30 наповнюємо дистильованою водою, усі вентиля, окрім вентилів введення повітря 7 і подачі води в колону, з насадками 28 закриваються, після чого здійснюємо включення електроживлення приводного двигуна 3 повітродувки 2 для розгону до заданої витрати робочого потоку в аеродинамічному контурі 1. Підігріте повітря під тиском надходить в теплообмінник 4, де за рахунок теплообміну підігріває охолоджувач, який циркуляційним насосом 10 перекачується в зовнішній теплообмінник 5 і там охолоджується. Вимірювач температури 8 робочого потоку з блоком регулювання температури робочого потоку 9 управляє циркуляційним насосом 10, тим самим підтримується задана температура робочого потоку. Введенням - виведенням повітря через вентиль 7 і лічильник всмоктування повітря 6, для його кількісного обліку, встановлюємо необхідний рівень статичного тиску робочого потоку в аеродинамічному контурі, рівень якого оцінюємо вимірником статичного тиску робочого потоку 11. Спрямовувач робочого потоку 12 усуває турбулентність робочого потоку перед первинним перетворювачем витрати газу з усереднюючими напірними трубками 13 і диференціальним вимірником перепаду тиску 14, який електрично пов'язаний з блоком регулювання витрати робочого потоку 14 і здійснює управління приводним двигуном 3 повітродувки 2. Вимірювач температури 15 і вимірювач вологості 16 здійснюють вимір температури і вологості робочого потоку, що надходить на опорну станину 17, куди встановлюється дослідний зразок сепараційного або масообмінного пристрою. З опорної станини 17 робочий потік по повітропроводу аеродинамічного контуру 1 надходить в газорідинний сепаратор 21 і з його виходу на вхід повітродувки 2, де компримується, і увесь цикл знову повторюється без втрати енергії динамічного тиску, величина якого множиться. Злив відпрацьованої рідини з дослідного зразка здійснюється через вентиль 18, зливний патрубок 19 рідин з дослідного пристрою в мірну ємність 20 для кількісної оцінки. Через лінію відведення рідини 22 з газорідинного сепаратора 21, вентиль 23 і лічильник витрати зливу рідини з газорідинного сепаратора 24, відсепаровану воду скидаємо через патрубок 25 у витратний бак рідини 26, звідки відцентровим насосом 27

через вентиль 28 і колону з насадками 29 вода подається у водонапірний бак постійного рівня 30 з вимірювачем температури 33 і датчиком рівня води 31, електричний сигнал якого надходить в блок управління відцентровим насосом 32. Вода з водонапірного бака постійного рівня 30 через вентиль 34, лічильник витрати рідини на зрошення 35 надходить через

5

вентиль 36 в лінію зрошення рідиною 37 до дослідного зразка і на вентиль для відбору проб 38 і далі на патрубок для відбору проб з рідини на зрошення 39. Також здійснюємо відбір проби рідини на аналіз із зливного патрубку 25. З балона вуглекислого газу 40 через газовий редуктор 41 і вентиля 43 або 42 здійснюється насичення вуглекислим газом робочого потоку або

10

води в колоні з насадками 37, яка надходить у водонапірний бак постійного рівня. Статичний тиск в повітропроводі, який в замкнутому аеродинамічному контурі залежить від швидкості і об'єму циркулюючого робочого потоку, може виставлятися на заданий рівень відносно атмосферного або підтримуватися на рівні атмосферної із збереженням витрати робочого потоку завдяки додаванню атмосферного повітря або його випуску з кільцевого аеродинамічного контуру через лічильник всмоктування повітря з обертовою крильчаткою, який

15

здійснює алгебраїчне підсумовування загальної витрати повітря, що дозволяє визначити ряд фізичних параметрів аеродинамічного потоку. Об'єм робочого повітряного потоку аеродинамічного контуру, який приведений до нормальних умов, визначається по [3, стор. 18, формула 44] за умови, коли максимальний тиск в аеродинамічному контурі не перевищує 10 атмосфер, при цьому коефіцієнт стисненості Z дорівнює 1, і $V_{\Sigma\text{роб.}}$, $V_{\Sigma\text{Н}}$, V_{Σ} розраховуються

20

по формулах:

$$Z = \frac{P \cdot V \cdot T_H}{P_H \cdot V_H \cdot T} = 1; V_{\Sigma} = V_{\text{ВН}} + V_{\text{зов}}; V_{\Sigma\text{Н}} = \frac{P \cdot V_2 \cdot T_H}{P_H \cdot T}; V_{\Sigma\text{роб.}} = \frac{P_H \cdot V_{\Sigma\text{Н}} \cdot T_{\text{роб}}}{P_{\text{роб}} \cdot T_H},$$

25

де: P , T , - тиск і температура в приміщенні, P_H , V_H , T_H - тиск, об'єм і температура за нормальних умов, $T_{\text{роб}}$ і $P_{\text{роб}}$ - температура і тиск в аеродинамічному контурі за робочих умов, $P_H=1,0332$ кгс/см², (101 325 Па) або 760 мм рт. ст., $T_H=293,15$ К (20 °С), $V_{\text{зовН}}$ - об'єм, м³ доданого зовнішнього повітря, $V_{\text{ВН}}$ - загальний об'єм м³ внутрішньої порожнини аеродинамічного контуру стенда, V_{Σ} - сумарний об'єм м³ робочого потоку при температурі і тиску в приміщенні лабораторії, $V_{\Sigma\text{Н}}$ - загальний об'єм робочого потоку повітря, м³ в аеродинамічному контурі, приведений до нормальних умов. Вага повітря в аеродинамічному контурі в кг вираховується по формулі:

30

$$M_{\text{пов}} = V_{\Sigma\text{Н}} \cdot \rho_{\text{пов}},$$

35

де, $M_{\text{пов}}$ - вага повітря у внутрішній порожнині аеродинамічного контуру в робочому стані, кг, $\rho_{\text{пов}}$ - щільність повітря за нормальних умов, яка дорівнює 1,2046 кг/м³.

Визначаємо відносну вологість φ робочого потоку вологоміром при нормальному тиску і робочій температурі по діаграмі [4, стор. 67, 5.5 Діаграма "d - Н" вологого повітря], і вагу вологи по формулі:

40

$$M_{\text{вол}} = V_{\Sigma\text{роб}} d_{\text{вол}} \cdot 10^{-3},$$

де, $d_{\text{вол}}$ - вологомісткість в г на 1 кг сухого повітря, $M_{\text{вол}}$ - вага води в кг, $V_{\Sigma\text{роб}}$ - загальний об'єм повітря м³ в аеродинамічному контурі за робочих умов.

45

Загальна вага повітря в аеродинамічному контурі з урахуванням вологомісткості обчислюється за формулою:

$$M_{\Sigma} = M_{\text{пов}} + M_{\text{вол}},$$

50

де, M_{Σ} - сумарна вага робочого потоку в кг.

Визначаємо щільність робочого потоку $\rho_{\text{роб}}$ кг/м³ для чого проводимо обчислення за формулою:

$$\rho_{\text{роб}} = M_{\Sigma} / V_{\Sigma\text{роб}} \cdot$$

Об'ємна витрата робочого потоку Q м³/сек. визначається [3, стор. 180, формула 222] за формулою:

5

$$Q = \alpha \cdot S \cdot \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho_{\text{роб}}}},$$

де: α - коефіцієнт витрати перетворювача осереднюючої трубки; S - площа перерізу повітропроводу м², де здійснюється вимірювання; Δp - перепад тиску, мм вод. ст., між динамічним напором та статичним тиском; $\rho_{\text{роб}}$ - щільність повітря, кг/м³, у робочих умовах.

10

Швидкість робочого потоку визначається по формулі:

$$W = Q/S \cdot$$

15

де S - площа перерізу трубопроводу в місці виміру, м²

W - швидкість робочого потоку, м/с.

Q - об'ємна витрата робочого потоку, м³/сек.

Фактор швидкості F робочого потоку, м/с(кг/м³)^{0,5} визначається за формулою:

20

$$F = W \sqrt{\rho_{\text{роб}}} \cdot$$

25

Технічним результатом, що досягається при здійсненні корисної моделі є забезпечення можливості визначення ефективності дослідних пристроїв (масообмінні, абсорбери та десорбери, сепараційні та інші) з метою вдосконалення їх конструкцій та підтвердження технічних розрахунків.

Джерела інформації:

1. Техническая газодинамика М.Е. Дейч. - М; Госэнергоиздат, 1961. - черт., ил., 700 с.

30

2. Дослідження гідродинаміки та масопереносу при нерівномірному обертovому русі газорідних потоків // Є.О. Летюк, І.В. Сухоруков, Н.В. Поліщук, М.А. Зарубін, В.С. Сливканич, Г.О. Хоменко, публ. Української нафтогазової академії, 8-ї Міжнародної науково-практичної конференції "Нафта і газ України-2004". - м. Судак, 2004. - т. 2.

3. Приборы и средства учета природного газа / В.М. Плотников, В.А. Подрешетников, Л.Н. Тетеревятников. - Ленинград, "НЕДРА", 1989. - 238 с.

35

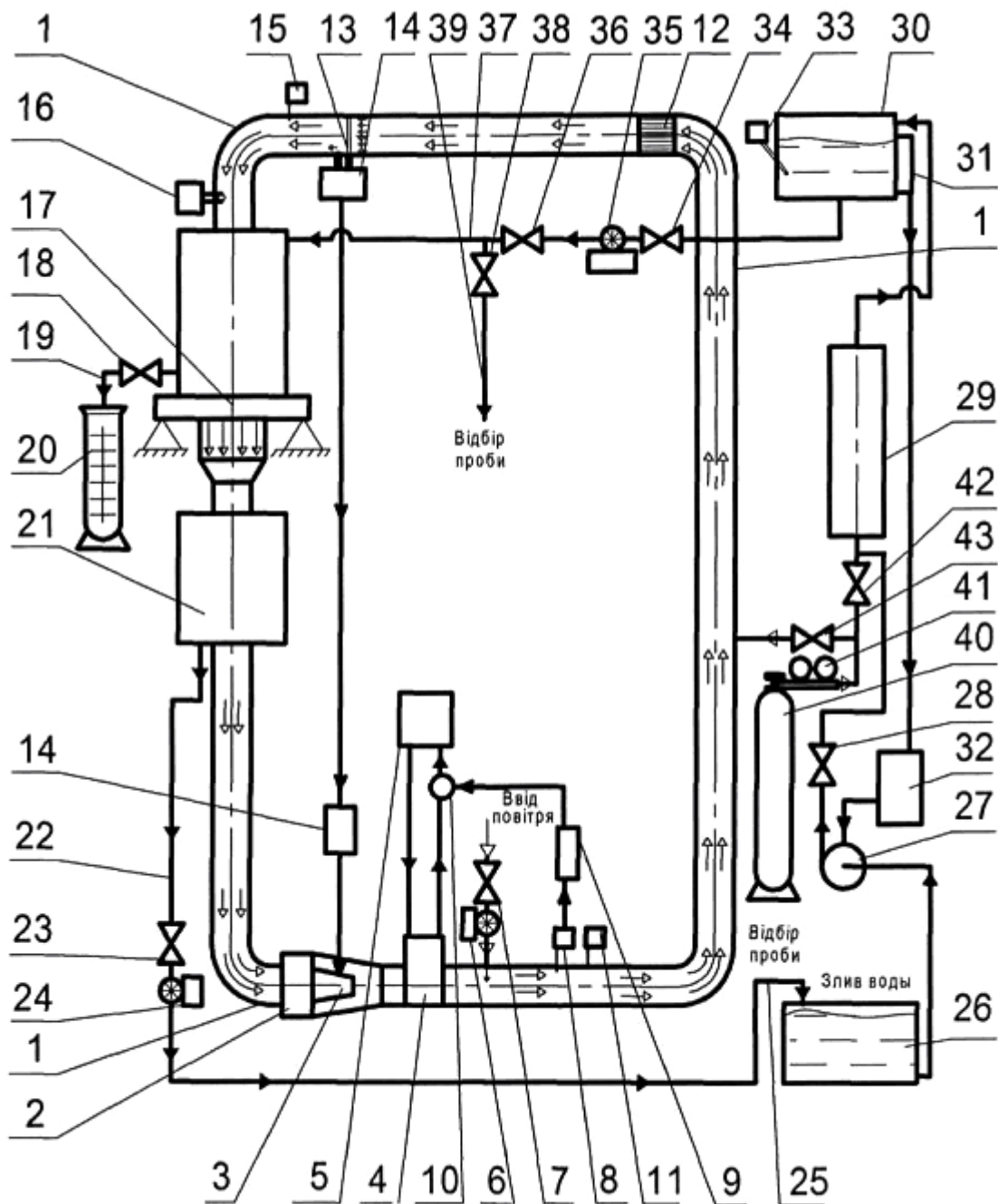
4. Техническая термодинамика и теплопередача, курс лекций / В.Д. Карминский, М. 2005. - ил., диаграммы, 225 с.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

40

Лабораторний стенд для досліджень масообмінних та сепараційних пристроїв, який має повітропровід, що містить повітродувку, витратний бак рідини, відцентровий насос, водонапірний бак постійного рівня, лінію подачі рідини з вентилями відбору проб, лінію відведення рідини, колону з насадками, балон з вуглекислим газом, газовий редуктор, патрубок з вентилям для відбору проб, який **відрізняється** тим, що повітропровід виконаний у вигляді кільцевого аеродинамічного контуру, в якому встановлені датчики температури, вологи, первинний перетворювач витрати повітря з усереднюючими напірними трубками, газорідний сепаратор, лічильник витрати рідини на зрошування, який оснащено пристроєм стабілізації витрати аеродинамічного (робочого) потоку на заданому рівні та регулювання рівня статичного тиску усередині аеродинамічного контуру, має пристрій виміру витрати робочого потоку на базі первинного перетворювача витрати повітря з усереднюючими напірними трубками, пов'язаного з диференціальним манометром, містить блок регулювання температури з електричним датчиком температури і елементи тепловіддачі від приводного електродвигуна повітродувки з внутрішнім та зовнішнім теплообмінниками, та має блок регулювання рівня води у водонапірному баку постійного рівня.

50



Комп'ютерна верстка Т. Вахричева

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601