

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| | |
| Передмова. | 3 |
| 1. Мета і задачі роботи. | 4 |
| 2. Аналітичний огляд. | 5 |
| 2.1. Загальні відомості процесу псевдозрідження. | 7 |
| 2.2. Переваги та недоліки застосування псевдозрідження. | 9 |
| 2.3. Характеристики псевдозрідженого шару. | 12 |
| 2.4. Методи виготовлення елементів апаратів під тиском (теплообмінних апаратів, компресорів і т.і.). | 23 |
| 3. Фізико-механічні властивості речовин, що використовуються в роботі. | 41 |
| 4. Проведення експерименту. | 42 |
| 4.1. Опис експериментальної установки. | 42 |
| 4.2. План і порядок проведення експериментальних робіт. | 46 |
| 4.3. Визначення необхідної кількості експериментів. | 46 |
| 4.4. Результати проведення експериментальних робіт. | 47 |
| 4.5. Обробка результатів експериментів. | 47 |
| 4.6. Перевірка однорідності дисперсій серій експериментів. | 48 |
| 4.7. Пошук викидів експериментальних даних. | 51 |
| 5. Проектна частина. | 52 |
| 5.1. Розробка технологічної схеми пілотної установки. | 52 |
| 5.2. Розрахунок компресора. | 53 |
| 6. Техніка безпеки під час роботи в лабораторії. | 58 |
| Висновки | 64 |
| Література | 65 |

РЕФЕРАТ

Магістерська робота на тему

«Моделювання Технологічного Процесу» .

Листів 76, ілюстрацій 12, таблиць 4, додатків 4,
посилань – 4:двох циліндровий поршневий компресор,пілотна
установка,псевдозрідження,порізність,експерименти.
Об'єктом дослідження — є ректифікаційна колонна.

Мета роботи — метою роботи є визначення оптимальних параметрів пілотної
установки реактора із псевдозрідженим шаром каталізатора.

Методи дослідження — модель - об'єкта-оригіналу, що забезпечує вивчення
деяких властивостей оригіналу.

Модель -реально існуюча або подумки представлена система, яка, заміщаючи
і відображаючи оригінал з певною метою, знаходиться з ним у відносинах
подоби (подібності).

Моделювання - метод пізнання навколишнього світу, який можна віднести до
загальнонаукових методів, що застосовуються як на емпіричному,так і на
теоретичному рівні пізнання.

Моделювання - заміщення одного об'єкта іншим з метою отримання
інформації про найважливіші властивості об'єкта-оригіналу за
допомогоюоб'єкта-моделі.

Передмова

Сучасний фахівець повинен володіти глибокими знаннями і конструктивним мисленням. Щоб стати фахівцем, необхідно досконало оволодіти методологією наукових досліджень. Це дозволить самостійно ставити і творчо вирішувати складні питання виробництва, збуту і управління.

Наукова підготовка - один з найважливіших етапів навчання. Роль науки полягає в якісному перетворенні продуктивних сил, переведення економіки на рейки всебічної інтенсифікації, підвищення ефективності громадського виробництва. Наукові дослідження призначені протидіяти моральному і фізичному зносу, створення нових технологій, нових видів продукції, підвищенню її якості, зниження витрат, вдосконалення управління, організації процесів і праці.

Навряд чи можна недооцінити важливість досліджень для сучасного світу і для науки в першу чергу. Всі досягнення робляться тільки після довгих праць, досліджень і експериментів. Тільки виконавши такий шлях можна розраховувати на позитивний результат і використовувати потім отримані знання.

Але хто дійсно уявляє, що таке наукове дослідження, яка його мета? Це лише загальне поняття, яке включає в себе дуже велику область пізнання, а найголовніше, що воно не обмежується тільки однією наукою.

Перед вченими завжди стоять якісь завдання, які вони намагаються вирішити. Іноді вони можуть просто вивчати отримані матеріали і зібрані відомості, щоб навчитися використовувати їх на практиці. Все це можна об'єднати в таке поняття, як «наукове дослідження».

Наукове дослідження можна охарактеризувати як певний процес, під час якого і відбувається вивчення, або ставляться експерименти, перевіряються або спростовуються теорії і т.д. Під час цього процесу і відбувається отримання нових знань в науці або конкретизація старих.

У будь-якому випадку, кожен учений-дослідник стикається з такими завданнями і займається науковими дослідженнями. Вони складають основну суть роботи.

Метою науки є збір відомостей, які становлять особливий інтерес для людства. Будь-яке суспільство, яке повинно розвиватися, постійно потребує інформації. Вона має особливу цінність для людини, тому що допомагає йому вирішувати проблеми і підніматися на нову висоту.

Будь-яка наука - це якась колективна дія з постійним обміном інформації. В таких умовах відбуваються дослідження. При цьому, як правило, для того щоб приступати до будь-яких досліджень, людина повинна володіти набором первинних знань, від яких він буде відштовхуватися у своїй роботі. Таким чином і відбувається накопичення знань в суспільстві, коли для отримання нових використовуються дані попередніх досліджень, можливо навіть мали місце кілька десятиліть назад.

1. Мета і задачі роботи

Метою роботи є визначення оптимальних параметрів пілотної установки реактора із псевдозрідженим шаром каталізатора.

Досягнення мети відбувається шляхом вирішення таких задач:

1. Ознайомлення зі способами псевдозрідження сипких матеріалів.
2. Розробка експериментальної установки апарату з псевдозрідженим шаром.
3. Розробка плану проведення експерименту.
4. Проведення експерименту.
5. Обробка результатів експерименту.
6. На основі критеріальних рівнянь визначення основних параметрів пілотної установки.
7. Розробка технологічної схеми пілотної установки.
8. Оціночний розрахунок елементів технологічної схеми пілотної установки.
9. Формулювання висновків.

2. Аналітичний огляд.

Моделювання Технологічного процесу.

Термін «модель» (від лат. Modulus - міра, зразок, норма) увійшов в математику в ХІХ в. в зв'язку з розвитком неевклідової геометрії.

Сьогодні в літературі можна зустріти безліч визначень поняття «модель». Навідомі лише деякі з них.

Під моделлю розуміють такий матеріальний чи подумки представлений об'єкт, який у процесі пізнання (вивчення) заміщає об'єкт-оригінал, зберігаючи деякі важливі для даного дослідження типові його риси.

Модель - це спрощене, можна сказати «упаковане» знання, що несе цілком певну обмежену інформацію про предмет (явище), що відбиває ті чи інші його властивості.

Модель - об'єкт-заступник об'єкта-оригіналу, що забезпечує вивчення деяких властивостей оригіналу.

Модель - реально існуюча або подумки представлена система, яка, заміщаючи і відображаючи оригінал з певною метою, знаходиться з ним у відносинах подоби (подібності).

Аналіз досвіду використання моделей в природних, технічних і гуманітарних науках дозволяє зробити висновок, що модель - це наше уявлення про досліджуваний об'єкт, своєрідна форма кодування інформації про об'єкт.

Таким чином, можна сказати, що модель - це об'єкт будь-якої природи, який при дослідженні здатний заміщати реально існуючий об'єкт з метою отримання нової інформації про останній. Це визначення і приймемо за основне в рамках даної роботи.

З моделями ми стикаємося ще в дитинстві, граючи машинками, будиночками, ляльками, які представляють собою зменшені копії (моделі) реально існуючих об'єктів. У гуртку технічної творчості дитина вчиться створювати моделі технічних об'єктів. У школі практично всі навчання здійснюється із застосуванням моделей. Підростаючи ми звикаємо використовувати уявні образи-моделі ситуацій для прогнозування

результатів своєї діяльності. Без перебільшення можна сказати, що у своєму свідомому житті людина має справу виключно з моделями тих чи інших реальних об'єктів, процесів, явищ.

Крім поняття «модель» в моделюванні є ще ряд важливих понять.

Об'єкт (від лат. Objectum - предмет) - все, на що спрямована людська діяльність. Будь то об'єкт дослідження є нескінченно складним і характеризується нескінченним числом станів і параметрів.

Процес - певна сукупність дій, спрямованих на досягнення поставленої мети.

Система - цілеспрямоване безліч об'єктів будь-якої природи.

Таким чином, можна сказати, що система - це сукупність взаємопов'язаних елементів і компонентів, що має цілком конкретну структуру і цілком конкретне цільове призначення.

Елемент системи - частина системи, що не піддається подальшому поділу.

Зовнішня (довкілля) - безліч існуючих поза системою (об'єкта) елементів будь-якої природи, що впливають на систему (об'єкт) або знаходяться під її (його) впливом.

Гіпотеза (від гр. Hypothesis - підстава, припущення) - певні передбачення, приблизні судження про причинно-наслідкові зв'язки явищ, засновані на певній кількості досвідчених даних, спостережень, здогадів.

Аналогія (від гр. Analogia - відповідність, відповідність) - уявлення про будь-якому приватному схожості двох об'єктів (істотному або несуттєвому).

Говорячи про моделі, не можна не сказати про моделювання.

Моделювання - заміщення досліджуваного об'єкта (оригіналу) його умовним чином, описом або іншим об'єктом (моделлю) і пізнання властивостей оригіналу шляхом дослідження властивостей моделі.

Моделювання - метод пізнання навколишнього світу, який можна віднести до загальнонаукових методів, що застосовуються як на емпіричному, так і на теоретичному рівні пізнання.

Моделювання - заміщення одного об'єкта іншим з метою отримання інформації про найважливіші властивості об'єкта-оригіналу за

допомогою об'єкта-моделі. Таким чином, можна вважати, що моделювання - це побудова

(Або вибір з вже існуючих) моделі, її вивчення і використання з метою отримання нових знань про досліджуваний об'єкт.

Прийmemo це визначення в якості базового.

2.1. Загальні відомості процесу псевдозрідження.

Псевдозрідження - це процес, при якому по суті тверда статична маса перекладається в псевдозрідження, подібне станом рідкої маси. Навідміну від скраплення в псевдорідину стан перекладається не газ, а сипуча (при певних обставинах) маса.

Як правило цей процес відбувається, коли рідина (крапельна рідина або газ) рухається вгору через зернистий матеріал. Даний процес псевдооживлення заснований на дії (протидії) сил: аеродинамічного лобового опору і гравітаційних сил.

Так само створення псевдооживленого шару можливо в результаті дії (протидії) сил: аеродинамічного лобового опору і відцентрових сил.

Коли потік газу вводиться через дно суміші зернистого матеріалу з рідиною або газом, цей потік буде рухатися вгору через порожнечі між зернами матеріалу. При низьких швидкостях газу, сили аеродинамічного лобового опору кожного із зерен, що діють з боку потоку газу, також невеликі, і тому шар залишається в зв'язаному стані. При збільшенні швидкості потоку газу сили аеродинамічного лобового опору, що діють на зерна, зростають і починають протидіяти силам гравітації, що примушує шар до збільшення його обсягу. Останнє обумовлено тим, що тверді зерна прагнуть рухатися один від одного. Подальше збільшення швидкості потоку призводить до того, що обсяг досягає деякого критичного значення, при якому піднімають зерна вгору сили аеродинамічного лобового опору стають рівними гравітаційним силам, що тягне зерна вниз. Це призводить зерна до того, що вони «висять» в потоці газу або рідини. При критичному обсязі шар має властивості рідини. При подальшому збільшенні швидкості потоку газу, «єдина щільність»

(«середня щільність») шару буде продовжувати зменшуватися, і процес псевдооживлення ставатиме більш інтенсивним доти, поки зерна не перестануть утворювати єдиний шар і частки не почнуть підніматися вгору, що захоплюються потоком газу .

Псевдозрідженим шар поводитья подібно рідини або газу. Подібно воді у відрі шар буде приймати форму займаної ємності, його поверхня залишається перпендикулярній гравітаційним силам; зерна з щільністю, меншою ніж «єдина щільність» шару будуть підніматися на поверхню, в той час як об'єкти з щільністю вищою ніж «єдина щільність» шару опускаються на дно. Ці властивості дозволяють транспортувати масу з твердих зерен по трубах як рідини, не вдаючись до допомоги механічного транспорту (зокрема, стрічкових конвеєрів). Властивості псевдозріджених маси зерен використовуються також в системах вивантаження розчину цементу в автоцементовозах.

В якості найбільш простого повсякденного приклад застосування псевдооживлення можна привести апарат для приготування попкорну. Зерна попкорну, стандартизовані і майже однакові за масою і формою, зависають у потоці гарячого повітря, що піднімається з дна камери. Інтенсивне перемішування частинок попкорну, подібно перемішування киплячій рідини, дозволяє вирівняти температуру по всьому об'єму камери, мінімізуючи кількість підгорілих зерен. Після «вибуху», тепер уже збільшені зерна під дією сил аеродинамічного лобового опору піднімаються наверх, і виштовхуються в зовнішню ємність, в той час як «не вибухнула» зерна рухаються на дно камери.

Псевдозрідження, перетворення шару зернистого матеріалу під впливом висхідного газового або рідинного потоку або інших фізико-механічних впливів в систему, тверді частинки якої знаходяться в підвішеному стані, і нагадує за властивостями рідини - псевдозріджений шар.

Через зовнішню схожість з киплячою рідиною псевдозріджений шар часто називають киплячим шаром. В англійській літературі прийнято термін

«fluidbed» (зріджений шар), а операція псевдозрідження носить назву «fluidiration».

2.2. Переваги та недоліки застосування псевдозрідження.

Головні переваги апаратів з псевдозрідженим шаром перед застосовуваними в одних і тих же з ними хіміко-технологічних процесах апаратами з нерухомим або рухомим шаром зернистого матеріалу і апаратами типу "обертвий барабан": простота завантаження і переміщення ожіжаючого матеріалу, а також вивантаження готового продукту; можливість розміщення всередині теплообмінних, газорозподільних або пристроями, що; інтенсивність теплообміну між псевдозрідженим шаром і поверхнею конструкційних елементів; легкість герметизації навіть при високих робочих тисках і т.д. Для багатьох хіміко-технологічних процесів одинична потужність агрегатів, що включають апарати з псевдозрідженим шаром, практично необмежена.

Області застосування псевдозрідженим шаром надзвичайно різноманітні. Узагальнимо їх за допомогою декількох типових схем апаратів (рис. 1), кожен з яких може бути використаний для проведення групи процесів (механічних, фізичних, фізико.-хімічних або хімічних), що володіють подібними рисами.

Псевдозрідження в проточних системах газ-тверде тіло часто застосовують при нагріванні і охолодженні, адсорбції, сушки, водної дегазації полімерів, коксуванні, відновленні Fe_2O_3 воднем і ін. Зазвичай тверді частинки рухаються зверху вниз назустріч газовому потоку. Наближення структури потоків до ідеального витіснення досягається за допомогою перегородок провального типу, решіток з перетічними пристроями, оформленням псевдозрідженим шаром у вигляді вертикального каскаду послідовно з'єднаних апаратів.

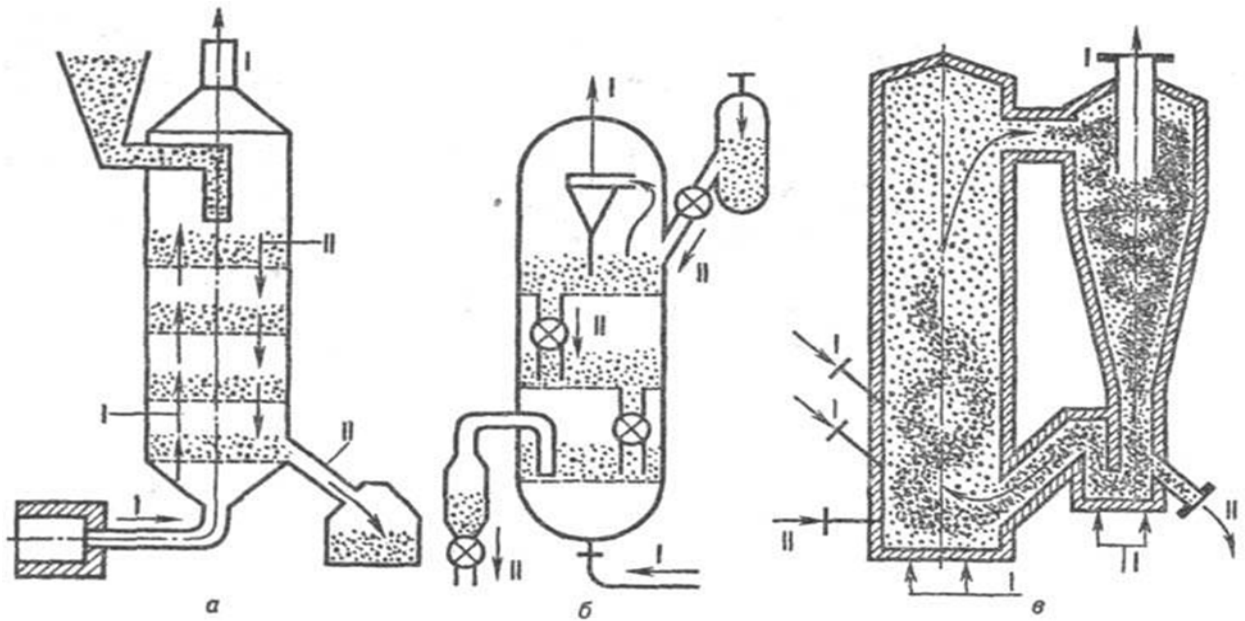


Рис. 1. Апарати з псевдозрідженим шаром: а, б-Секціонування протиточні з ґратами провальними і забезпеченими перетічними пристроями (адсорбція, випал); в - прямоточний з "швидким" шаром і циркуляцією твердих частинок (випал, спалювання твердих палив) У подібних протиточних системах створюються оптимальні умови взаємодії фаз. Так, при екзотермічних процесах (наприклад, при окисленні) в верхніх по ходу потоку секціях апарату з псевдозрідженим шаром здійснюється підігрів твердих частинок газами, в нижніх - нагрівання ожіжаючого агента обробленими твердими частинками; в результаті в робочій зоні вдається підтримувати високі температури без додаткового підведення теплоти. При адсорбції в нижніх секціях апарату насичені сорбіруємістю компонентом частки взаємодіють з газовим потоком, в якому концентрація цього компонента максимальна, в верхніх секціях збіднений їм газ контактує зі свіжими твердими частинками; таким чином забезпечується наближення до оптимально можливої ступеня вилучення цільового компонента. Внаслідок звуження в Секціонуванні апараті спектра розподілу часів перебування твердих частинок і зменшення інтенсивності перемішування досягається їх рівномірна обробка, що важливо в багатьох процесах (наприклад, при відновленні металів з оксидів).

Широко поширені прямоточні процеси в "швидких" псевдозріджених шарах, нерідко комбінованих зі звичайними киплять шарами (рис. 4, в). При швидкостях, які перевищують швидкості виносу, тверді частинки рухаються у вигляді газової суспензії або розріджених пакетів, перемішування газової і твердої фаз невелика, усуваються опору міжфазній переносу. В результаті запобігається агломерація частинок (напр., При спалюванні вугілля або сланців), досягаються рівномірний випал коксу при термічному крекінгу і високі ступеня перетворення і селективності в каталітичних процесах, знижуються енерговитрати при отриманні $g\text{-Al}_2\text{O}_3$ з гідроксиду Al і т.д.

Численні реакторні процеси (втому числі каталітичні), що здійснюються в псевдозріджених шарах. Найбільш відомі оксиди, хлорування етилену до дихлоретану; окислювальний аммоноліз пропілену з отриманням акрилонітрилу; синтез вінілацетату взаємодією оцтової кислоти з ацетиленом; окислення нафталіну у фталевий ангідрид і SO_2 в SO_3 ; отримання різних хлорсиланов взаємодією порошкоподібного Si і його сплавів з HCl , CH_3Cl , $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$, а також з $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$; пряме хлорування вуглеводнів і хлоругле-відрядив. Значні перспективи має хлорування оксидів металів з отриманням хлоридів Al, Ti, Fe, Si. При всьому різноманітті конструкцій реакторів вони являють собою апарати з вільно киплять або секціонованими за допомогою провальних решіток шарами, які забезпечені теплообмінними елементами; останні мають газорозподільні у вигляді перфорованих плит або сопла, а також барботери (рис. 4, г; в даному випадку через решітку і барботер вводяться різні газові потоки). Нерідко газ надходить в реактор черезбокові штуцери (рис. 4, д і е). Функціонують апарати, в які одночасно вводяться газоподібні і рідкі реагенти. Способи поліпшення контактування фаз, а також впливу на перемішування в реакторах принципово ті ж, що і для систем газ-рідина в колонних апаратах. Завдяки плинності псевдозрідженим шаром такі каталітичні процеси вторинної переробки нафти, як крекінг та риформінг, проводять в суміщених блоках реактор - регенератор (рис. 4, ж), що дозволило перейти від

полуперіодічного виробництва до безперервного. Подібні комбінації швидко поширилися і на інші реакційні і масообмінні процеси (наприклад, системи реактор-адсорбер).

Псевдозрідженим шар також застосовують: для отримання гранульованих продуктів шляхом введення в шар розпорошених розчинів або струменів газів, що конденсуються з утворенням твердих продуктів, наприклад мінеральних добрив, льоду, AlCl₃ для покриття захисною полімерною плівкою нагрітих деталей; для проведення кристалізації з розчинів, вилуговування (ожіжаючого агент - витравлюють розчин), розчинення; як високотемпературний теплоносій і т. д.

2.3. Характеристики псевдозрідженого шару

Деякі основні поняття. Типи і способи створення псевдозріджених систем.

Найпростішу псевдозріджену систему створюють в заповненому шаром зернистого матеріалу вертикальному апараті, через днище якого рівномірно по перетину вводять інертний ожіжаючого агент (газ або рідина). При його невеликій швидкості W зернистий шар нерухомий; з її збільшенням висота шару починає зростати (шар розширюється). Коли W досягає критичного значення, при якому сила гідравлічного опору шару висхідному потоку ожіжаючого агента стає рівною вазі твердих частинок, шар набуває плинність і переходить в псевдозріджений стан. Відповідну лінійну швидкість ожіжаючого агента називають швидкістю початку псевдоожіження або його першої критичної швидкістю W_k [для дрібних (розмір 0,1 мм) частинок $W_k \sim d^2$, для великих (1 мм) - $W_k \sim d$ де d -діаметр частинок].

Остання зменшується зі збільшенням щільності висхідного потоку. При подальшому зростанні W гідравлічний опір шару залишається постійним, поки він не зруйнується і не почнеться інтенсивний винос зернистого матеріалу потоком з апарату. Що відповідає даному стану шару, швидкість потоку називають швидкістю винесення (вільного витання часток) або другою критичною швидкістю псевдозрідження ($W_{ун}$), що перевищує W_k в

десятки разів. Якщо швидкість ожіжаючого агента більше швидкості витання найбільших часток сжижаемого матеріалу, шар повністю захоплюється потоком (див. Пневмо- і гідротранспорт).

У міру збільшення W порозність шару (частка обсягу, зайнятого ожіжаючого агентом) зростає, тому середні концентрації твердих частинок в одиниці об'єму шару зменшуються. При цьому в разі псевдоожіження газом з'являються рухливі порожнисті неоднорідності-бульбашки (неоднорідний шар). При псевдозріджених рідиною шар, розширюючись, залишається істотно більш однорідним по локальних концентрацій частинок (однорідний шар). У разі псевдоожіження газом при підвищених тисках створюють псевдозріджений шар проміжного типу.

Різновид псевдоожіженого шару-фонтанує шар. В даному випадку газ (рідина) вводять в нижню частину зернистого шару у вигляді струменя. Тверді частинки підхоплюються нею і виносяться в верхню частину шару. На периферії струменя (зазвичай під стінами апарату) зверху вниз рухається щільний шар частинок, тобто вони безперервно циркулюють. У фонтанує шарі в підвішеному стані знаходиться лише частина твердих частинок. Тому іноді використовується термін "зважений шар" менш універсальний, ніж термін "псевдозріджений шар".

У ряді випадків забезпечують пульсаційну подачу ожіжаючого агента або вводять його по черзі в різні ділянки нижнього перетину шару. Наприклад, обертають газорозподільну решітку, перфоровану лише в деяких секторах. Даний прийом дозволяє привести зернистий шар в псевдозріджений стан при менших витратах зріджують агента в порівнянні зі звичайним киплячим шаром.

Широке поширення отримав також трифазний шар: тверді частинки зважуються рідиною, яка в свою чергу перемішується бульбашками барботують газу. Відома різновид трифазного шару: потік рідини подається зверху вниз зі швидкістю, рівною або більшою швидкості спливання твердих частинок, щільність яких менше щільності рідини; при цьому барботає газу

призводить до перемішування твердих частинок в об'ємі рідини. Незважаючи на зовнішню схожість із звичайним псевдозрідженим шаром трифазний шар ближче за властивостями до барботажного шару.

Псевдозріджених системи створюють також наступними способами:

- 1) піддають зернистий шар впливу механічних вібрацій.
- 2) механічно перемішують зернистий шар, наприклад обертанням заповненого їм апарату;
- 3) піддають тверді частинки, що володіють феромагнітними властивостями, впливу електромагнітного поля і ін. Ці та інші прийоми можуть поєднуватися з псевдозрідження газом або рідиною.

Далі для зручності викладу матеріалу розглядається тільки найбільш поширений випадок - псевдозрідження газом.

Аналогія між псевдозрідженим шаром і рідиною-головна властивість шару як середовища для проведення хіміко-технологічних процесів. Виділимо деякі загальні властивості шару і рідини.

- 1) Гідростатичний тиск в шарі висотою h той же, що і для стовпа рідини і становить: де-середня масова концентрація (щільність) твердих частинок.
- 2) При механічній дії на поверхні шару, схожою на поверхню киплячої води, можуть виникати поперечні хвилі.
- 3) Поведінка чужорідних тіл в шарі підкоряється закону Архімеда. Наприклад, можна судити про настання псевдоожигеного стану, якщо тіла з щільністю, меншою середньої щільності шару, спливають, а з більшою - тонуть.
- 4) З отвору в боковій стінці апарату з псевдозрідженим шаром через введений в нього трубопровід тверді частинки "впливають", утворюючи струмінь, початкова швидкість якої де g - прискорення вільного падіння.
- 5) Суміжні псевдозріджених шари поводяться як сполучені посудини. Підтримуючи в таких шарах за рахунок різниці в робочих швидкостях ожіжаючого газу різні середні щільності твердих частинок можна

організувати циркуляцію матеріалу. У горизонтальних лотках шар тече, як рідина в каналах.

б) Швидкості спливання бульбашок в шарі і нев'язкої рідини при малих швидкостях ожіжаючого газу практично однакові і пропорційні, де d_p - еквівалентний діаметр міхура (діаметр еквівалентного кулі, що має той же обсяг, що і міхур).

Подібність між рідиною і шаром проявляється при приміщенні в нього пристроями. Закономірності макросмешення в псевдозрідженому шарі твердих частинок і рідини можна порівняти при барботажі газу. Однак аналогія з рідиною спостерігається лише при пропущенні через зернистий шар достатньої для його псевдоожіження кількості газу. Наприклад, якщо газ вводять нерівномірно по перетину шару, виникають зони, де частинки нерухомі. Такі нерухомі (застійні) зони можуть утворюватися на різних конструкційних елементах апарату (на внутрішніх теплообмінних пристроях і ін.). У застійних зонах можуть протікати небажані побічні процеси, виникати агломерати твердих частинок і т.д. Якщо в ході хіміко-технологічного процесу частинки укрупнюються, можливе припинення псевдоожіження.

Бульбашки в псевдозрідженому шарі. Найважливішою властивістю псевдозріджених шарів типу газ-тверде тіло є утворення в них бульбашок (див. вище). Від їх розмірів (зазвичай 3-30 см, але спостерігаються бульбашки діаметром 0,5-0,7 м), загального числа, швидкостей підйому залежить макросмешення газу і твердих частинок, а отже, і властивості шару як середовища для здійснення хіміко-технологічних процесів. У промислових апаратах, діаметри яких в ~ 5 разів і більше перевищують можливі розміри бульбашок, картина їх руху залежить від розміру і щільності твердих частинок. За цими ознаками ожіжаючого матеріалу прийнято поділяти на групи А, В, С, D. Належність сипучих матеріалів до відповідної групи наближено встановлюють за допомогою рис. 1 (по Джелдарду).

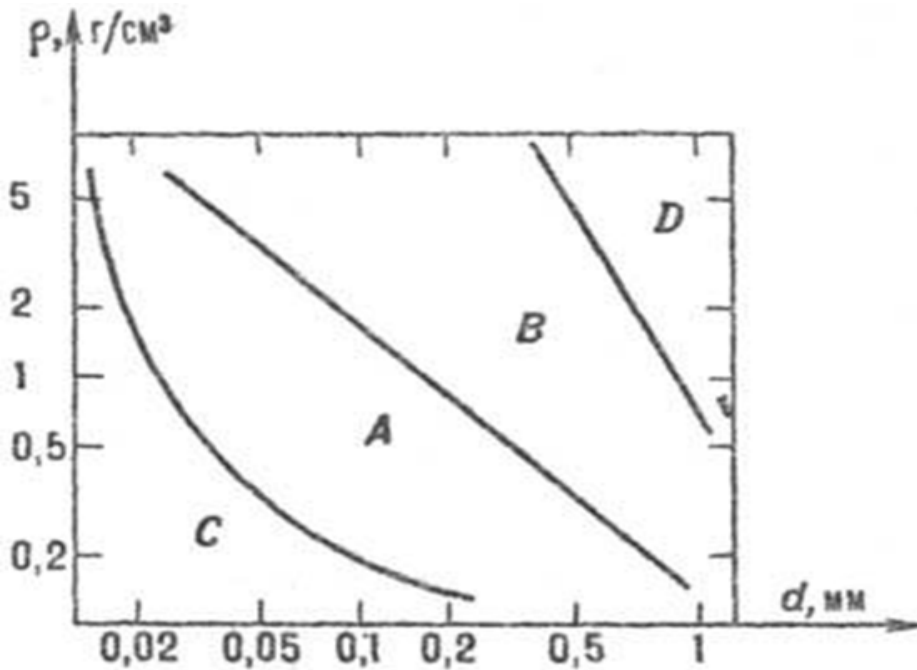


Рис. 2. Діаграма класифікації сипучих матеріалів в логарифмічною шкалою (A -D-групи матеріалів; ρ і d - щільність і діаметр твердих частинок).

У шарах часток групи А (рис. 2) бульбашки зароджуються поблизу поверхні газорозподільної решітки. У міру спливання бульбашки ростуть за рахунок натікання газу з щільної фази і коалесценції. Одночасно спостерігаються акти руйнування бульбашок, утворення короткоживучих агломератів дрібних бульбашок, розділених прошарками твердої фази, які знову зливаються в один міхур. На відстанях 1,0-1,5 м від газорозподільні розміри бульбашок стабілізуються.

Однак при цьому вони починають рухатися "ланцюжками", траєкторії яких змінюються. Масштаби щільних зон (так званих щільних пакетів) шару, що розділяють порожнисті неоднорідності, збільшуються. Швидкості спливання бульбашок складають 0,7-1,0 м / с, в той час як швидкості ожіжаючого газу, віднесені до повного перетину шару, зазвичай не перевищують 0,4 м / с. Частка газу, що проходить шар у вигляді бульбашок, швидко зростає при видаленні від газорозподільні. Так, на відстані 0,2-0,5 м від решітки типу "пориста плита" у вигляді бульбашок рухається практично весь газ.

У псевдозріджених шарах матеріалів групи В картина руху бульбашок якісно не змінюється, але спостерігаються помітні кількості відмінності усереднених характеристик фази бульбашок.

Наприклад, зменшуються число актів руйнування і коалесценції бульбашок, а також частка газу, що проходить шар у вигляді бульбашок. У шарах матеріалів групи D характер руху бульбашок помітно змінюється. Бульбашки набувають "сплюснуту" форму, т. Е. Їх розміри по горизонталі стають істотно більше розмірів по вертикалі (див. Рис. 2, а). При цьому швидкості спливання бульбашок менше швидкостей ожіжаючого газу. У шарах матеріалів групи С бульбашки не утворюються. Структура потоків в псевдозрідженому шарі спрощено описується моделлю, в якій можна виділити три механізми. По першому з них стосовно матеріалів груп А і В газ рухається через міхур від низу до верху під дією перепаду тисків, пропорційного висоті міхура. Якщо його швидкість перевищує швидкість газу, міхур "наздоганяє" і знову "всмоктує" газ. При цьому виникає стійке "хмара циркуляції" газу, з якого газ проникає в глиб щільних пакетів. За другим механізмом, зазвичай супутнього першому, перенесення газу між бульбашками і щільними зонами межфазного обміну відбувається внаслідок деформації, руйнування бульбашок і утворення їх агломератів. Третій

механізм передбачає участь в перенесенні газу твердих частинок

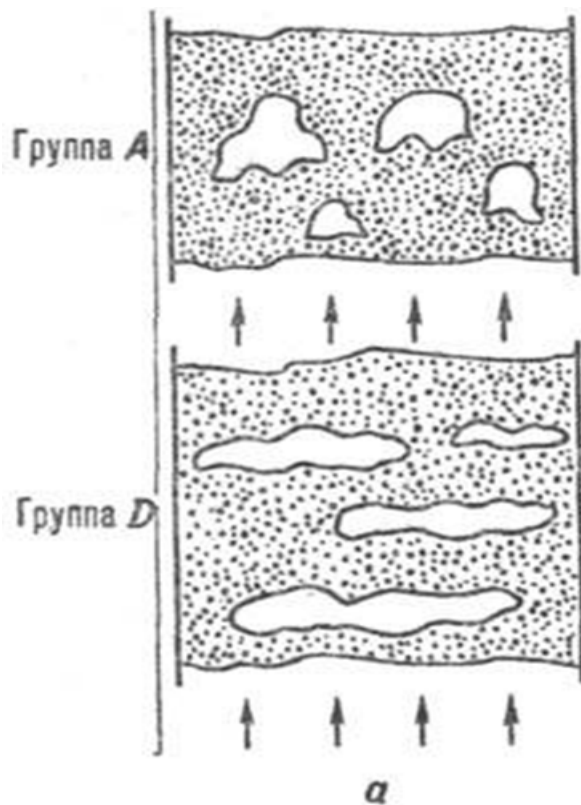


Рис. 3. Локальні криві вимивання газів-трассорів (1) і криві флуктуації щільності псевдозрідженим шаром (2): а-фрагменти двомірного шару (матеріали груп А і D); б-інертний і адсорбує трассєри, соотв. Трін і Градс (матеріал групи А); в-інертний трассьор (матеріал групи D); C_0 , з-початкова і поточна концентрації трассьора; t -час.

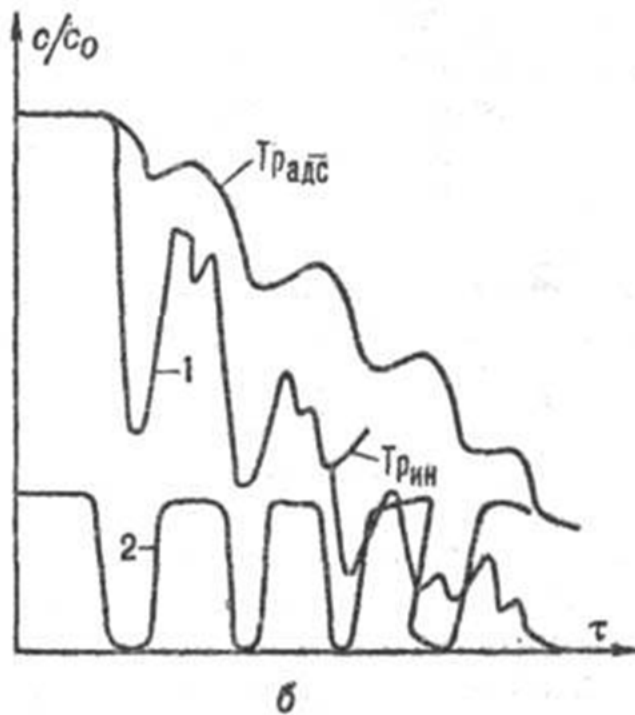


рис.4

Перенесення газу між бульбашками і щільними зонами зазвичай досліджують експериментально. Наприклад, поєднують локальні криві вимивання міченого газу-трассёра (див. Трассёра метод) і локальні криві флуктуації щільності, що викликаються рухом бульбашок (рис. 2). Порівняння кривих в області шару, де сформувалися великі бульбашки, показує, що в мішурах вимірюються мінімальні концентрації трассёра (щільність шару також мінімальна), а в щільних пакетах-макс. концентрації (щільність максимальна). Чим більше різниця концентрацій в мішурах і щільною зоні, тим менше коефіцієнт обміну (обмінні потоки газом між розрідженими і щільними зонами, віднесені до одиниці об'єму шару).

З аналізу кривих вимивання інертних трассёров (рис. 2,5), наприклад є, слід, що при переході від матеріалів груп А і В до матеріалів групи D коефіцієнти обміну збільшуються на два порядки. Це пов'язано з тим, що газ проходить бульбашки, обганяючи їх, і "хмари циркуляції" зникають. Якщо газ-трассёр, наприклад хладон 12, адсорбується частинками (рис. 2.), то при зміні пакетів на бульбашки пульсації концентрацій трассёров менше, тобто коефіцієнт обміну зростають. Це пояснюється участю в перенесенні газу твердих частинок, і кількість стерпного газу тим вище, чим вище адсорбційна

здатність частинок. Так, в промислових адсорберах коефіцієнт обміну в 100-1000 разів більше, ніж в каталітичних реакторах, в яких адсорбційний перенесення газу несуттєвий.

Бульбашки, спливаючи, перемішують тверді частинки. У грубому наближенні їх перемішування нагадує молекулярну дифузію. Тому для опису перемішування зазвичай використовують диффузійну модель. При цьому коефіцієнт дифузії прийнято називати ефективним або коефіцієнтом перемішування. Тверді частинки також переносять газ, який міститься в порах, вільному обсязі пакетів, і адсорбуються на їх поверхні. Тому інтенсивність перемішування газу тим більше, чим вище здатність частинок адсорбувати газ.

Тверді частинки - основний теплопереносячий агент в псевдозрідженому шарі, оскільки їх об'ємні теплоємності на три порядки вище, ніж для газу. Значення коефіцієнтів перемішування частинок досить великі для того, щоб шар був практично ізотермічен (в разі швидко протікають екзотерміч. Реакцій ізотермічності шару м.б. частково порушений).

Теплообмін в псевдозрідженому шарі. Теплообмін між поверхнею твердих частинок і ожіжаючого газом зазвичай не лімітує швидкість хіміко-технологічних процесів в шарі.

Наприклад, при сушінні матеріалу, що містить поверхневу вологу, температура шару практично дорівнює температурі мокрого термометра, тобто встигає встановитися термічне рівновагу в шарі, навіть якщо час перебування в ньому газу становить десяті частки секунди.

Одна з основних причин широкого застосування техніки псевдооживлення - інтенсивний теплообмін псевдозрідженим шаром з поверхнями занурених у нього тіл або зі стінками апарату [коефіцієнт тепловіддачі 100-1000 Вт / (м² • К)].

Теплота передається:

- 1) через тонку газову прошарок (товщиною менше d), яка безперервно руйнується і оновлюється завдяки руху твердих частинок близько однієї із зазначених поверхонь;
- 2) твердих частинок при їх контакті з теплообмінної поверхнею (різниця температур окремої частки і поверхні близька до різниці температур поверхні і шару, оскільки час контакту мало);
- 3) пакетам твердих частинок, які періодично змінюються у поверхні або чергуються з бульбашками;
- 4) твердій фазі, що рухається суцільним потоком в контакті з поверхнею. У високотемпературних псевдозріджених системах помітну роль відіграє також теплове випромінювання.

В рамках перерахованих механізмів можна пояснити спостережувані закономірності теплообміну шару з будь-якої поверхнею. Ці механізми, як правило, діють сукупно, тому теплообмін неможливий.

Наприклад, миттєві значення коефіцієнта тепловіддачі змінюються з періодичністю, що відповідає появі бульбашок у теплообмінної поверхні (рис. 3). У момент її контакту з бульбашками коефіцієнт тепловіддачі мінімальні і максимальні при контакті з щільними пакетами. Осредненние за часом коефіцієнти тепловіддачі (зазвичай застосовуються в інженерних розрахунках) зростають при збільшенні температури псевдозрідження, теплопровідності газу і щільного шару часток, а також при зменшенні їх діаметра до тих пір, поки вони здатні до самостійного псевдозрідження (не належать до групи С). При збільшенні робочої швидкості газу W коефіцієнт тепловіддачі спочатку зростають внаслідок збільшення рухливості частинок і їх щільних пакетів. При подальшому зростанні W час контакту теплообмінної поверхні з бульбашками збільшується і осредненние за часом коефіцієнт тепловіддачі зменшуються. Їх локальні значення істотно залежать від форми і конструкції теплообмінник пристроїв, а також від орієнтації останніх до напрямку руху газу. Так, для горизонтального циліндра

коефіцієнта тепловіддачі в "лобовій" зоні може бути в 3-4 рази більше, ніж в "кормовій". Це доводить, що аналогія між шаром і рідиною має межі.

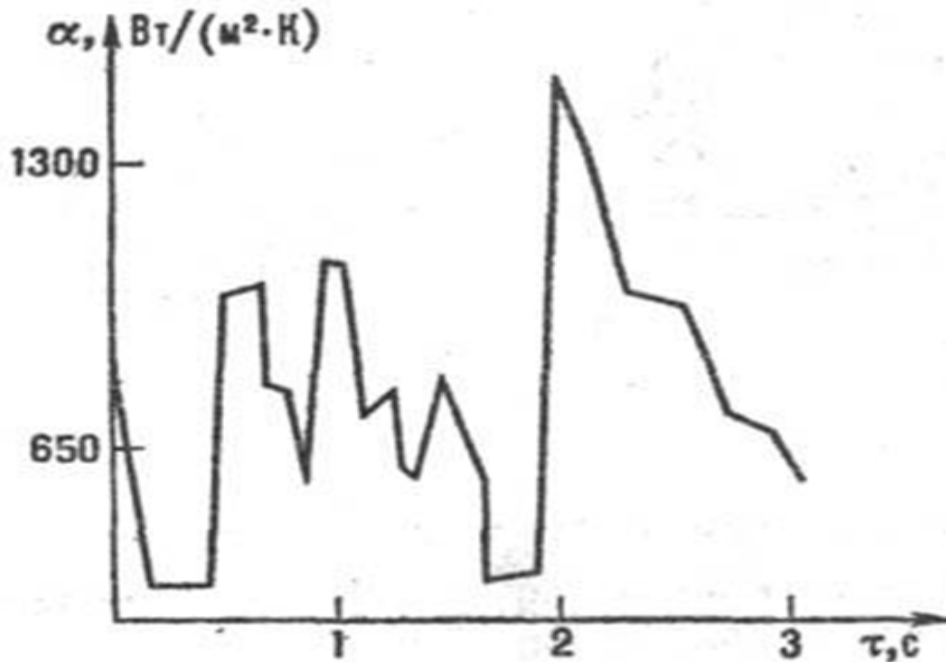


Рис. 5. Миттєві значення коефіцієнтів тепловіддачі, а від псевдозрідженим шаром до теплообмінної поверхні (т-час).

Переваги та недоліки псевдозрідженим шаром.

Залежно від особливостей хіміко-технологічного процесу одні і ті ж властивості псевдоожигеного шару можна трактувати і як гідності і як недоліки.

Так, винесення з шару дрібних частинок ускладнює здійснення каталітичних процесів, а при сушінні використовується для вивантаження готового продукту; при інтенсивному перемішуванні вирівнюється поле температур і усувається можливість значних локальних перегрівів, тобто досягається ізотермічності шару (що важливо, наприклад, при переробці термолабільних матеріалів), проте знижується рушійна сила процесу і зростає неоднорідність обробки твердих частинок. Стираність їх в шарі може призводити, наприклад, до збільшення витрати каталізаторів, істотних витрат на пилеочистки відпрацьованих газів; проте, при випалюванні, хлорування або

сушінні, супроводжуваних обсмолені поверхні твердих частинок і стінок апаратів, стираність грає важливу роль.

Порозність

Порозність (пористість) - одна з характеристик складення ґрунту сукупність ґрунтових пор, що відрізняються один від одного розмірами і просторовою конфігурацією.

Характер порозности обумовлюється фізичними і фізико-хімічними процесами, що протікають в ґрунті: розтріскуванням її під дією зволоження-висихання, нагрівання-охолодження, набрякання-стиснення; пересуванням рідкою фазою і діяльністю живої фази, вилугованням і виносом різних хімічних сполук в нижчележачі горизонти.

Ступінь порозности також залежить від ґрунтової структури, гранулометричного складу і вмісту гумусу.

Так як будь-який ґрунт характеризується певним ступенем агрегуванням, виділяються наступні типи порозности:

інтраагрегатная (внутріагрегатная)

інтерагрегатная (межагрегатной)

трансагрегатная (внеагрегатная)

Відповідно, найбільш дрібні пори будуть розташовуватися всередині агрегатів, а великі - поза ними. Порозність убуває вниз по ґрунтовому профілю, однак іллювіальніє горизонти часто мають меншу порозність, ніж материнська порода.

2.4. Методи виготовлення елементів апаратів під тиском (теплообмінних апаратів, компресорів і т.і.).

2-х Ступінчатий поршневий компресор

Поршневий компресор - тип компресора, енергетична машина для стиснення і подачі повітря або газу під тиском.

Компресори зворотно-поступальної дії вважаються найдавнішим і найпоширенішим типом. Ефект компресії створюється за рахунок зменшення обсягу газу при русі поршня в циліндрі. Усмоктувальні і нагнітальні клапани

підібгані пружиною і працюють автоматично під дією перепаду тиску, що виникає між циліндром компресора і тиском в трубопроводі при русі поршня.

Поршневі компресори виробляються з повітряним або рідинним охолодженням. Число оборотів колінчастого вала у таких компресорів зазвичай в межах від 125 до 1000 оборотів в хвилину. Швидкість руху поршня - в межах від 2,54 до 5 м / с. Номінальна швидкість газу - в межах від 22 до 40 м / с, а робочий тиск на виході може змінюватися від вакууму до 4100 атмосфер [1] Компресори даного типу широко застосовуються в машинобудуванні, текстильному виробництві, в хімічній, нафтогазовій, холодильній промисловості і криогенній техніці Різноманітні за конструктивним виконанням, схемами і компонованням.

Поршневі компресори розрізняють по влаштуванню кривошипно-шатунного механізму або лінійного приводу, влаштуванню і розташуванню циліндрів, числу ступенів стиснення.

Поршневі компресори можуть бути: крейцкопфні - з двостороннім всмоктуванням і бескрейцкопфніе - одностороннього всмоктування (потужністю до 100 кВт).

По розташуванню циліндрів компресори поділяються на вертикальні, горизонтальні та кутові.

До вертикальних відносяться машини з циліндрами, розташованими вертикально. При горизонтальному розташуванні циліндри можуть бути розміщені по одну сторону колінчастого вала, такі компресори називаються горизонтальними з одностороннім розташуванням циліндрів; або по обидва боки вала - з горизонтальними або двостороннім розташуванням циліндрів.

До кутових компресорів відносяться машини з циліндрами, розташованими в одних рядах вертикально, в інших - горизонтально. Такі компресори називаються прямокутними. До кутовим компресорів відносяться машини з похилими циліндрами, встановленими V-образно і W-образно (компресори називаються відповідно V- і W-образними).

Прогресивним у розвитку поршневих компресорів з'явився перехід на опозитне виконання компресорів великої і середньої продуктивності. Опозитніє компресори, що представляють собою горизонтальні машини з зустрічним рухом поршнів і розташуванням циліндрів по обидві сторони валу, відрізняються високою динамічною врівноваженістю, меншим габаритами і масою. Завдяки своїм перевагам опозитніє компресори практично повністю витіснили традиційний тип великого горизонтального компресора.

Для машин малої та середньої продуктивності основним є прямокутний тип компресора і компресора з У-подібним розташуванням циліндрів.

За кількістю ступенів стиснення [2] компресори розрізняються одно-, дво- і багатоступінчасті.

Багатоступінчасте стиснення викликається необхідністю обмежити температуру стиснення газу. У повітряних компресорах виникає небезпека займання та вибуху масляного нагару, що накопичується в трубопроводах, на кришках компресорів і поверхнях клапанів, тому температура повітря, що нагнітається не повинна перевищувати 453К

Компресор без змащення циліндрів

Спочатку компресор без змащення циліндрів виконувався з лабіринтовим ущільненням, в яких ущільнення поршня досягається за допомогою канавок, нарізаних на поршні, але така конструкція не отримала практичного застосування. Надалі розвиток компресорів без змащення циліндрів пішло по шляху створення і впровадження компресорів, в яких ущільнення поршнів здійснюється поршневими кільцями, виконаними з композиційних матеріалів.

Компресори без змащення циліндрів необхідні для технологічних процесів, в яких потрапляння домішок мастила в стискається газ дуже небажано. Такі сучасні компресори працюють без ремонту більш тривалий час, ніж компресори зі звичайною змазкою циліндрів. В даний час на ряді заводів виготовляються різноманітні типи компресорів без змащення циліндрів.



Рис.6 Призначення поршневого компресора - забезпечення повітрям з надлишковим тиском механізмів і пневматичних машин у всіх промислових галузях.

Компресори поршневі - обладнання спецпризначення, широко використовується в безлічі галузей.

Основне завдання компресора - стиснення повітря. Повітря під тиском від компресорного агрегату може використовуватися в якості джерела енергії виконавчих механізмів; для проведення технологічних робіт, що вимагають застосування стисненого повітря.

Серед різних модифікацій компресорних установок, найбільше застосування знайшли поршневі. Вони повсюдно поширені як в сфері професійної, так і в побуті. Застосування їх в якості нагнітачів повітря забезпечує роботу пневматичних інструментів (пневмогайковерти, фарбопульти та т. п.), Використання для підкачки шин на автосервісах.

Поршневий компресор, завдяки своїй нескладній конструкції, - найбільш поширений тип компресорного апарату. Компресори поршневі застосовуються в безлічі сфер людської діяльності: в машинобудуванні, в харчовій, хімічній та інших промисловостях. Таке значне поширення компресори подібного типу отримали через свої технічні характеристики.

Наприклад, одним з найвагоміших показників є високий тиск на виході - до 30 атмосфер.

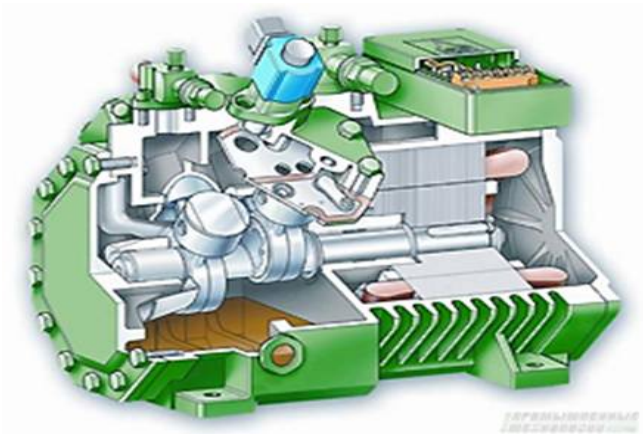


Рис.7

Конструкція поршневого компресора

Конструктивно цей агрегат представлений циліндром з закритим усередині нього поршнем. Незалежно від безлічі видів виконання (установки з горизонтальним, опозитним, вертикальним, похилим розташуванням циліндрів), сама реалізація механізму досить проста і не вимагає суттєвих витрат. Очевидно, що поршневі компресори дешевше апаратів іншого типу. Крім цього, простота в реалізації його конструкції - запорука більш дешевого ремонту, а також можливості роботи в забрудненому середовищі, при якій ризик пошкодження механізму є мінімальним. Але якщо не застосовувати спецочістку повітря, на виході буде такою ж брудне повітря, що і на вході, до того ж, що містить пари масла і продукти зносу компресора. Повітря такої якості використовувати можна не скрізь.

Принцип роботи поршневого компресора.

Компресор поршневий забезпечений пристроєм, аналогічним двигуну внутрішнього згоряння. Поршень приводиться в дію кривошипно-шатунним механізмом, що використовують прямий привід. Поршень, здійснюючи зворотно-поступальні рухи, стискає і виштовхує в область приєднаної магістралі повітря атмосфери.

При опусканні поршня, в порожнині циліндра утворюється вільний простір, розряджається повітря. В результаті перепаду потенціалів тиску, відкривається впускний клапан, впускає повітря в камеру, де він стискається. Після цього, коли поршень перетинає точку повороту, відповідну

максимальному об'єму камери стиску, впускний клапан зачиняється, і тиск повітря починає рости.

Зі скороченням обсягу камери тиск повітря стає все вище. Коли воно досягає заданих величин, відкривається нагнітальний клапан - стиснене повітря в цей момент залишає камеру. Для досягнення найбільшого ККД під час стиснення між нерухомим циліндром і ковзаючим в його площині поршнем необхідне ефективне ущільнення. Незважаючи на наявність у продажу безмасляних поршневих компресорів, найчастіше зустрічаються змащувані апарати.

Подача масла в циліндричну груп знижує знос циліндрових стінок і поршня, але при цьому супроводжується погіршенням якості повітря, що подається, з огляду на підмішування дрібних частинок масла.

Таким чином, якщо технологія виробництва вимагає використання чистого повітря, необхідно встановити маслоотделитель на лінії подачі, для усунення з повітряного потоку масла. Але оскільки розглядається в даному випадку використання компресорів для потреб СТО, тут вимоги висуваються діаметрально протилежні - встановлюються лубрикатори для роботи в маслянистої середовищі гайковерта, насоса пневмогидравлического, шинного стенду.

Види поршневих компресорів.

Коаксіальні - колінвал з'єднується з електроприводом за допомогою муфти. Таке з'єднання виключає втрати потужності на тертя. Конструкція компактна. Різниця агрегатів цього типу полягає в методах мастила.

Безмасляні не вимагають змазування циліндропоршневої групи. Стиснене повітря, вироблений подібними пристроями, не має масляних домішок. Такі апарати застосовуються в харчовій промисловості, фармацевтиці, медицині.

У масляних компресорах використовують як мастило мінеральне компресорне масло, завдяки чому компресор має значний ресурс. Робочий режим коаксіальних агрегатів - періодичний (20 хвилин роботи, 40 - перерви). Робочий тиск - вісім бар. Потужність не більше 2,25 кіловат.

Продуктивність - близько 200 л / хв. Основні переваги - компактні, легкі, відносно дешеві (\$ 100-200).

Ремінні - колінвал з'єднується з електроприводом ремінною передачею. Характерна висока продуктивність і тривалість експлуатації. Можуть працювати безперервно кілька годин поспіль. Застосовуються найчастіше в будівництві, в шиномонтажних майстернях, на СТО. Потужність - від 2,25 до 5,5 кіловат. Продуктивність досягає 500 літрів в хвилину, робочий тиск - до 16 бар. Основна перевага - стиснення повітря до значних величин. Робочий тиск може досягати 30 бар.

Недоліки, властиві поршневному компресору.

Механізм поршневого компресора при роботі створює сильний шум і вібрацію (виняток - апарати з опозитним становищем циліндрів), тому для розміщення потрібно виділення спеціального приміщення з міцним бетонним фундаментом.

Ще один недолік компресора поршневого - досить низька продуктивність - до 5 кубометрів повітря в хвилину, що також обмежує області застосування. Але компенсуються ці недоліки тим, що компресор поршневий порівняно легко переносить роботу в періодичному режимі, при частому включенні і виключенні агрегату. Багато підприємств не вимагають наявності стисненого газу в безперервному режимі, саме для таких випадків використовується компресор поршневий.

Галузь застосування

Компресори поршневі використовуються для пневмооборудовання, що не вимогливого до великого хвилинному витраті повітря під тиском. Незамінні також при отриманні високих цифр тиску стисненого повітря. Зручні, коли маються на увазі часті зупинки і запуски обладнання. Стійкі до перехідних процесів, які супроводжують процеси включення / вимикання обладнання. Добре зарекомендували себе в несприятливих експлуатаційних умовах (знижені і підвищені температурні режими, запиленість середовища). Застосуванню їх на цементно і Муковоз альтернативи немає.

Коротка характеристика поршневих компресорів.

Поршневі компресори призначені для стиснення повітря або різних газів. З точки зору монтажу представляють інтерес наступні характеристики компресорів.

Продуктивність, яка визначається кількістю всмоктується і стискається повітря або газу і залежить від діаметра циліндра, довжини ходу поршня і швидкості обертання валу. Розрізняють три категорії компресорів: малої (до 10 м³ / хв), середньої (10-100 м³ / хв) і великої продуктивності (понад 100 м³ / хв).

Кінцеве надлишковий тиск нагнітання, які для компресорів низького тиску обмежена 25, середнього 100, високого 350 кгс / см²; для компресорів надвисокого тиску кінцевий тиск нагнітання перевищує 350 кгс / см².

Компресора низького тиску застосовуються на установках для стиснення повітря; компресора середнього тиску - на установках для скраплення, поділу та транспортування газів в хімічній, нафтопереробній та газовій промисловості; компресорів високого і надвисокого тиску - на установках для синтезу газів. У виробництві синтезу поліетилену застосовуються поршневі компресори з надлишковим тиском нагнітання до 2500 кгс / см².

Спосіб дії.

У компресорах простого дії газ стискається з однієї робочої сторони поршня.

У компресорах подвійної дії обидві сторони поршня є робітниками.

До першого типу відносяться всі біс-крейцкопфні вертикальні компресори невеликої продуктивності,

До другого - всі крейцкопфні.

Конструктивне виконання.

По розташуванню осей робочих циліндрів компресори поділяються на вертикальні, горизонтальні та кутові.

За кількістю рядів циліндрів - на однорядні, дворядні і т. д. По розташуванню циліндрів - на компресори з паралельним і послідовним розташуванням циліндрів, за характером з'єднання кривошипного механізму з поршнем - на

крейцкопфні і бескрейцкопфние, за способом охолодження циліндрів і стисненого газу - на компресори з водяним і повітряним охолодженням, за характером приводу - на компресори з приводом від електродвигуна і парової машини.

Число циліндрів.

За кількістю циліндрів компресори поділяють на одно-, дво- і багатоциліндрові.

Спосіб стиснення.

Одноступінчатий, коли один або кілька циліндрів, які працюють паралельно, подають стискається газ в один загальний трубопровід; двоступеневий, коли це стиснення відбувається послідовно в двох циліндрах з різним тиском, і багато-, ступінчастий, коли число послідовно працюючих циліндрів понад два.

Стислива середа.

Залежно від сжимаемой середовища компресори бувають повітряними, аміачними, азотними, вуглекислотними, пропановими.

Спосіб установки.

Пересувні і переносні компресори поставляють зібраними на одній рамі або шасі з двигуном (наприклад, бескрейцкопфні компресори невеликої продуктивності) і монтажу не вимагають.

Стаціонарні компресори встановлюють на залізобетонних фундаментах в спеціальних приміщеннях (компресорних станціях або машинних залах технологічних установок).

Компресори малої і середньої продуктивності надходять на монтаж в зібраному і законсервованому вигляді так, щоб в подальшому не було потрібне їх розбирання для ревізії і пуску.

Окремі компресори середньої продуктивності і все компресори великої продуктивності зазвичай поставляються окремими вузлами; попередньо на заводі виробляється їх контрольне збирання та обкатка. Вузли консервуються так, щоб при монтажі не виробляти їх розбирання.

При конструюванні серійних компресорів використовують кілька постійних баз, які мають сукупність рами-картера, крейцкопфних напрямних і кривошипно-шатунного механізму. Застосовуючи різні по діаметру циліндри і змінюючи порядок їх з'єднання (паралельне або послідовне), на одній і тій же базі виготовляють компресори з різними робочими характеристиками.

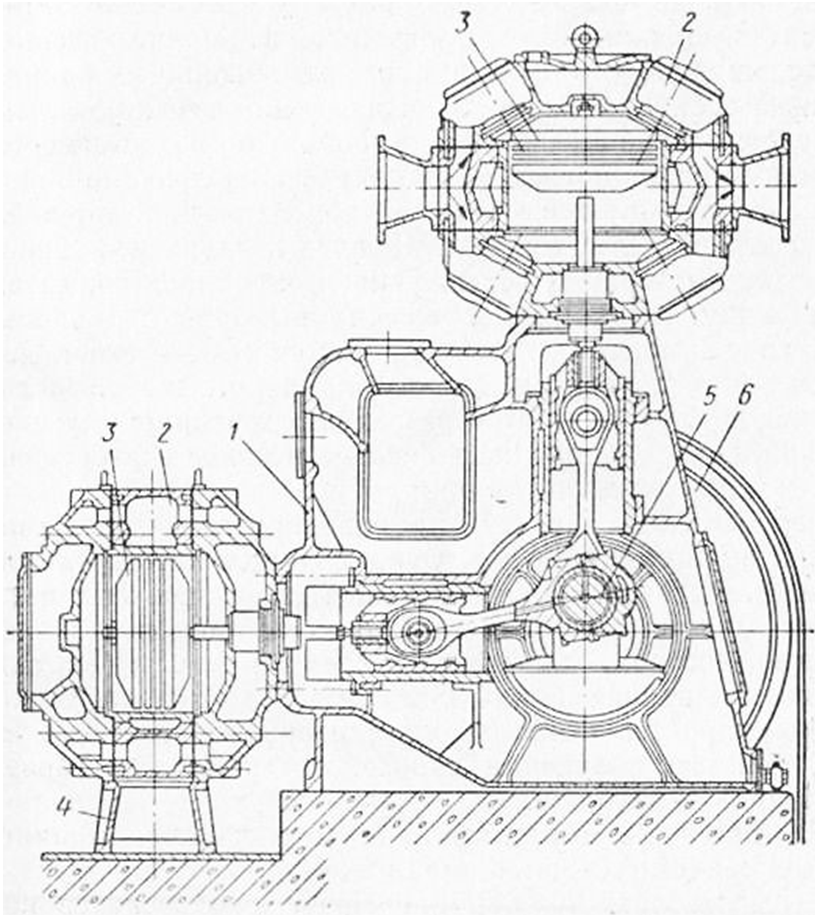


Рис. 8. Кутовий компресор з прямокутним розташуванням осей циліндрів 1 - рама-картер; 2 - циліндр; 3 - поршень; 4 - опора; 5 - колінчастий вал; 6 - електродвигун

Робоча характеристика компресора вказується в його марці у вигляді дробового числа. У чисельнику наводиться продуктивність компресора, в знаменнику - надлишковий тиск нагнітання (наприклад, 305ВП-20/8 або 4М10-100 / 8). У знаменнику марки дожимная компресора вказується тиск, при якому починається стиснення газу, і тиск нагнітання (наприклад, 2М16-20 / 42-60).

До компресорів з У-подібним розташуванням осей циліндрів відносяться, наприклад, повітряні - типів К і КС, холодильні одноступінчасті на аміаку (АУ) або фреоне (ФУ) і холодильні двоступеневі на аміаку (ДАУ). Прикладом машин з УУ-подібним розташуванням циліндрів можуть служити аміачні компресори типів АУУ і ДНЗ.

Газомотокомпресора представляють собою поєднання чотиритактного газового двигуна внутрішнього згорання з вертикальним У-подібним розташуванням осей циліндрів і компресора з однієї-трьома ступенями стиснення простого дії, бескрейцкопфние.

Циліндри компресора розташовані горизонтально і примикають до рами двигуна; колінчастий вал загальний.

Газомотокомпресора встановлюють на газоперекачувальних компресорних станціях газопроводів. Паливом для двигунів внутрішнього згорання служить перекачується газ.

Вертикальні компресори.

У крейцкопфних компресорах подвійної дії з вертикальним розташуванням осей циліндрів (рис. 3) всередині чавунної литої рами-картера на підшипниках встановлено колінчастий вал. Число колін вала залежить від кількості рядів, а число корінних підшипників - від відстані між осями циліндрів і від загальної довжини колінчастого вала. Привід здійснюється безпосередньо від електродвигуна, який приєднується до валу компресора муфтою (при цьому полумуфта на валу компресора є маховиком), або за допомогою клинопасової передачі. Шків приводу кріпиться на кінці вала, консольно виступаючому за межі рами або спирається на виносної підшипник. На рамі закріплені один або кілька рядів циліндрів. Кількість циліндрів визначається призначенням і 2СГ, і імпортні. компресора і кінцевим тиском нагнітання. Усмоктувальні і нагнітальні клапани - пластинчасті, автоматичні. Система змащення механізму руху - циркуляційна (масло подається шестерним масляним насосом, що приводиться від колінчастого вала через зубчасту передачу); для змащення циліндрів і

сальників застосовується лубрикатор. Такі компресори поширені в експлуатації; вони випускалися з однієї-чотирма ступеннями стиснення в одно- і двухрядном виконанні. Прикладом можуть служити повітряні компресори типу 2Р, 2РВ, К2 і ВК, кисневі - типу 2РК і КЗР, азотні - типу 2РА, а також компресори, створені на базах 2Са

Горизонтальні компресори розрізняються по розташуванню рядів циліндрів щодо рами. Ці компресори призначені для великих тисків і про-тивність і відрізняються значними габаритними розмірами і масою (до 270 т).

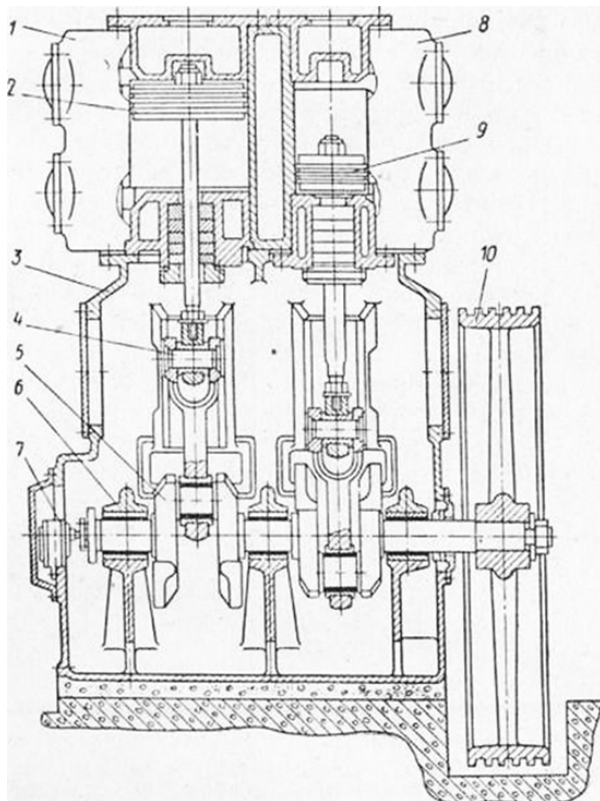


Рис. 9. Вертикальний дворядний двоступеневий компресор:

1 - циліндр I ступеня; 2 - поршень I ступеня; 3 - рама-картер; 4 -крейцкопф; 5 - колінчастий вал; 6 - підшипник; 7 - масляний насос; 8 - циліндр II ступеня; 9 - поршень II ступеня; 10 - шків

Горизонтальні опозитніє крейцкопфні компресори подвійної дії зі взаємно-протилежних рухом поршнів мають ряди циліндрів, розташовані по обидва боки від рами. У порівнянні з горизонтальними компресорами інших типів вони більш швидкохідні, врівноважені і компактні, а також більш зручні для монтажу по розташуванню межступенчатом апаратури і

трубопроводів. Поставляються ці компресори в зібраному вигляді з безрозбірною консервацією деталей або укрупненими вузлами-блоками.

Опозитніє компресори можуть бути дво-, чотири- та Шестирядний. Рама-картер компресора (рис. 4) чавунна лита коробчатої форми. Нижня частина рами служить збіркою відпрацьованого масла. У поперечних перегородках рами розміщені корінні підшипники при двох, чотирьох і шести рядах циліндрів, кількість корінних підшипників буде відповідно три, п'ять і сім. З боку приводу встановлені два напольгливих підшипника. Вкладиші підшипників - тонкостінні. Жорсткість рами досягається за рахунок поперечних перегородок, ребер і верхніх стяжок з розпірками. Великі восьмирядні компресори зарубіжних фірм мають дві окремі коробчатообразні рами, між якими розміщений привід. Напрямні крейцкопфів кріпляться з обох сторін рами до вертикальних фланців. У малих компресорах напрямні пов'язані з фундаментом хитними опорами, а в інших компресорах - жорстко закріпленими опорними лапами.

Число шатунних шийок колінчастих валів дорівнює числу рядів. Шатунніє шийки розташовані попарно з розворотом на 180° з однією спільною щогою. У чотирирядних компресорах кожна пара шийок зміщена відносно іншої на 90° , в Шестирядний компресорах - на 120° .

У перших трьох ступенях циліндри і їх кришки (крім першого ступеня холодильних компресорів) виконані чавунними литими з сорочками для водяного охолодження. У наступних щаблях встановлюються сталеві ковані циліндри з роз'ємними кожухами для охолодження. Циліндри в залежності від розмірів і числа їх в ряду мають одну або дві коливаються опори. Клапани переважно прямоточні. В холодильних і деяких повітряних компресорах іноді застосовують смугові усмоктувальні клапани, а в інших компресорах - кільцеві. Нагнітальні клапани - прямоточні, а на щаблях високого тиску і при стисканні забруднених і коксівного газів - дискові і пластинчасті. Для перших трьох ступенів поршні встановлюють ковзаючі

подвійної дії, для наступних ступенів - диференціальні. Кожне сальникове ущільнення, включає сальник, предсальник і маслосніматель.

Наводиться в дію компресор від електродвигуна, нероз'ємний ротор якого закріплюють на консольному кінці колінчастого вала, а нероз'ємний статор встановлюють на фундамент.

Для окремих марок компресорів ротор кріплять на приставному валу, який одним кінцем з'єднується фланцем з колінчастим валом, а іншим - спирається на виносної підшипник.

Великі компресори з двома опозитними рамами (Восьмирядна, шестиступеневий, продуктивність 30 600 м³ / год, тиск нагнітання 320 кгс / см², маса з приводом 220 т, потужність електродвигуна 7060 кВт) мають два колінчастих валу, які з'єднують фланцями з ротором електродвигуна, розміщеного між рамами.

Вал ротора встановлюють на двох підшипниках, укріплених на фундаменті. Роз'ємний статор встановлюють на фундаментних плитах.

У середніх двухрамні компресорах (чотирьохрядний, чотириступеневий, продуктивність 12 300 м³ / год, тиск нагнітання 12 кгс / см², маса 64 т, потужність електродвигуна 1600 кВт) загальний колінчастий вал укладають на підшипники обох рам електродвигуна.

Роз'ємний ротор закріплюють на колінчастому валу між рамами. У деяких конструкціях дво- і чотирирядних опозитних компресорів колінчастий вал має виносний підшипник, і ротор приводу розміщують на виносної частини валу. На кінці колінчастого вала, протилежному електродвигуна, встановлюють храпове колесо для повороту вала ручним або електричним приводом.

Система змащення механізму руху циркуляційна.

До циліндрів і сальників масло подається лубрикатором. Насос і лубрикатор наводяться від електродвигунів: насос - безпосередньо через муфту, лубрикатор - через редуктор.

Опозитні компресори бувають чотирьох видів та відрізняються розмірами і маркуються М10; М16; М25 і М40. Цифра після букви М позначає розрахункове поршневе зусилля в тоннах, що характеризує дану базу. Всі компресори цієї бази мають уніфіковані однакові за розмірами деталі - крейцкопф, направляючі, шатуни, корінні і шатунні підшипники і інші деталі кривошипно-шатунного механізму.

Конструкція елементів чавунної литої рами і сталевого колінчастого вала для кожної бази однотипна і відрізняється лише числом рядів, яке позначається цифрою перед буквою М (наприклад, 2М, 4М, 6М). Для різного числа рядів на одній і тій же базі (2М10; 4М10 і 6М10 або 2М16 і 4М16, або 4М25 і 6М25, або 2М40, 4М40 та 6М40) застосовуються колінчаті вали відповідно з двома, чотирма і шістьма кривошипами і одинарні, здвоєні і строєні рами, у яких нормалізовані всі посадочні і приєднувальні розміри.

На базі М10 випускаються двух- і чотирирядні аміачні холодильні компресори типу АТ, ДАО, і даон (А - аміачний, О - опозитний, Д - двоступеневий, Н низькотемпературний для різної хладопродуктивності і температур. На цій же базі в дво-, чотирьох і шестирядній виконанні випускаються повітряні компресори різних модифікацій по продуктивності і тиску.

Компресори на базях М16; М25 і М40 призначені в основному для стиснення різних газів. Компресори на базі 6М40 - найбільші, масою 206-220 т і потужністю електроприводу до 5000 кВт. Компресори 6М25-125 / 38-55 для перекачування газу мають привід від газового двигуна внутрішнього згорання.

В експлуатації ще є значна кількість горизонтальних компресорів з розташуванням циліндрів по одну сторону рами. Компресори випускалися різних моделей в одно- і двухрядном виконанні. На рис. 5 показаний дворядний крейцкопфний компресор подвійної дії. Чавунна рама відлита разом з направляючою крейцкопфа. Застосовують рами байонетного або вильчатого типів відповідно з одним або двома корінними підшипниками і з

кривошипним або колінчатим корінним валом. На останньому встановлені противаги на кожній щоці. У однорядних компресорах другий кінець валу спирається на виносної підшипник. Наводиться компресор від електродвигуна, роз'ємний ротор якого встановлюють безпосередньо на вал компресора між рамами при двухрядном виконанні і між рамою і виносним підшипником при однорядном виконанні. Статор (зазвичай нероз'ємний) встановлюють на фундаменті.

У кожному ряду послідовно монтують циліндри відповідних ступенів стиснення. В дворядних компресорах один ряд циліндрів називається поруч низького тиску, інший - поруч високого тиску. В дворядних дотискати компресорах обидва ряди мають однакові циліндри. Для ступенів стиснення до 50 кгс / см² циліндри встановлюють чавунні литі з сорочками для водяного охолодження і з дисковими поршнями; для ступенів стиснення понад 50 кгс / см² - сталеві ковани циліндри з водяними охолоджуючими сорочками в вигляді рознімних сталевих кожухів.

Наскрізні штоки багатциліндрового ряду спираються на проміжні повзуни, для яких між циліндрами встановлюють проміжні ліхтарі. Останні також служать для доступу до сальникам циліндрів, монтажу і ремонту відповідних поршневих груп.

Для навісних поршнів на крайньому циліндрі встановлюють кінцевий ліхтар для підтримуючого шток повзуна.

Циліндри високого тиску комплектуються диференціальними поршнями. Все ковзаючі поршні мають бабітові подушку. Поршневі кільця виконують чавунними, а для циліндрів високого тиску текстолітовими або з фторопластових матеріалів.

Сальники циліндрів низького тиску збирають з плоских розрізних ущільнюючих і замикаючих елементів, встановлених в обойми. В циліндрах високого тиску для сальників використовують конічні елементи. У газових компресорах циліндри з боку штока мають предсальнік і камери для відсмоктування газу.

Усмоктувальні і нагнітальні клапани пластинчасті кільцеві, дискові або смугові, а також прямоточні. Система змащення кривошипно-шатунного механізму - циркуляційна (масло подається шестерним насосом, який приводиться від електродвигуна). Для змащення циліндрів застосовується лубрикатор, що приводиться від окремого електродвигуна через черв'ячний редуктор.

Горизонтальні компресори типу Г відрізняються розмірами баз: 1Г, 2Г, 3Г (3, 5Г), 4Г і 5Г'. Цифра позначає найбільше поршневе розрахункове зусилля, яке відповідно дорівнює 90, 60, 45, 25 і 15 т. Маса і габаритні розміри компресорів зменшуються в міру зростання цифри в марці бази. Залежно від призначення горизонтальні компресори мають від однієї до шести ступенів стиснення.

Компресори типу 1 Г, 2Г і до тиску 5Г призначаються для стиснення азотно-водородної суміші, 3Г (3,5) - для азоту і азотосодержащих сумішей, 4Г - для повітря, 5Г - для водородосодержащих сумішей, горючих газів і повітря

Комплектує обладнання. Доскладу кожної компресорної установки входять комплектуючі її міжступенчаті апаратури, трубопроводи та контрольно-вимірювальні прилади. Міжступенчаті апаратури служать для охолодження газу (холодильники), відділення від газового потоку крапель олії і вологи (масловіддільники, сепаратори, баки продувок), згладжування пульсацій (буферні ємності, ресивери), перекриття газового потоку (гідрозатвори і спеціальна арматура).

Кожухотрубчасті холодильники, що складаються з пучка труб, завальцованих в трубні решітки, використовують при тисках до 35 кгс / см², для першої, другої і третьої ступенів стиснення. При високому тиску застосовують холодильники типу «труба в трубі», що складаються з послідовно з'єднаних трубчастих елементів, число яких визначається необхідною поверхнею охолодження. При невеликих обсягах газу

використовують заглибні змієвикові холодильники, придатні для будь-яких тисків. Холодильники монтують після кожного ступеня стиснення.

Послідовно за холодильниками встановлюють масловіддільники, що призначаються для виділення з потоку газу більш щільних крапель олії і води. При низьких і середніх тисках застосовують масловіддільники, в яких потік газу вводиться під кутом або по дотичній, при високому тиску використовують масловіддільники з петлеподібним і гвинтоподібним поворотом потоку.

Для малих компресорів застосовують холодильники і масловіддільники, суміщені в одному корпусі.

Буферні ємності та ресивери служать для згладжування пульсацій тиску, що виникають при виштовхуванні стисненого повітря або газу з циліндра в холодильники. Буферні ємності зазвичай встановлюють перед холодильником (після третьої і наступних ступенів стиснення), а ресивери - перед виходом в мережу споживання.

Масловіддільники і буферні ємності постачають продувними баками (зварений посудина, яка має оглядові скла і люки) для періодичного скидання по спеціальних трубах виділених з газового потоку масла і води.

Компресор з'єднується з допоміжним обладнанням трубопроводами, які для малогабаритних компресорів надходять на монтажний майданчик у вигляді закінчених і випробуваних вузлів і елементів. Для припасування по місцю при монтажі окремі вузли іноді поставляються незакінченими на одному кінці, з відповідними припуском для приєднання до обладнання. Компресор комплектується також трубопроводами для подачі мастила, для продувки масловіддільників, буферних ємностей, манометрів і запобіжних клапанів, Байпасний лініями і трубопроводами для відсмоктування газу з сальників.

На лінії нагнітання встановлюють зворотний клапан, який служить при зупинці компресора для запобігання його від повернення стисненого повітря або газу. На лінії всмоктування до компресора ставлять гідравлічний затвор, який при зупинці компресора перешкоджає надходженню до нього газу з

ємності або магістралі. На газопроводах кожного ступеня встановлюють запобіжні пружинні клапани. Важільні запобіжні клапани (для тисків до 25 кгс / см²) зустрічаються в компресорах старих конструкцій.

У компресорну установку входить також щит управління з необхідними контрольно-вимірними приладами.

Все допоміжне обладнання відчувають на заводі-виробнику згідно з технічними умовами та Правилами Держнаглядохоронпраці. Кутові і вертикальні компресори, а також малогабаритні горизонтальні опозитніє, що транспортуються в зібраному вигляді без приводу, піддаються стендовим випробувань вхолосту і під навантаженням. Компресори, у яких межступенчатом апаратура розташовується окремо в машинному залі або його підвалі, зазвичай піддають на заводі-виробнику контрольної складання й випробування вхолосту при робочому числі обертів. Комплектність всієї компресорної установки, що підлягає монтажу, перевіряють по відвантажувальній специфікації заводу-виготовлювача і специфікації проекту, якими передбачається склад всього основного, допоміжного обладнання і трубопроводів.

3. Фізико-механічні властивості речовин, що використовуються в роботі.

Властивості зернистого матеріалу

Зернистий матеріал – синій поліетилен у вигляді луски еліптичної форми.

Густина поліетилену – 914 .

Насипна густина розраховується як

де m – маса мірного стакана з насипним матеріалом, [кг];

– маса мірного стакана, [кг];

– об'єм мірного стакана,

За розмірами гранули зернистого матеріалу можна поділити на три фракції:

| | |
|-------------------|-------------------------------|
| велика (5 шт.), | розміри 6.2 x 4.4 x 2.0 [мм]; |
| середня (65 шт.), | розміри 5.6 x 4.2 x 1.5 [мм]; |
| дрібна (27 шт.), | розміри 4.9 x 3.4 x 1.4 [мм]. |

Для спрощення подальших розрахунків з незначною похибкою прийmemo, що лусочки мають форму циліндра. Відповідно до фракцій:

| | |
|----------------|---|
| велика (5%), | розміри $d = 5.3$ [мм], $h = 2.0$ [мм]; |
| середня (67%), | розміри $d = 4.9$ [мм], $h = 1.5$ [мм]; |
| дрібна (28%), | розміри $d = 4.2$ [мм], $h = 1.4$ [мм]. |

Зважаючи, що лусочки мають форму циліндра, визначимо площу поверхні та об'єм лусочок відповідно до фракцій.

Площа поверхні циліндра складається з двох площ кіл та площі бокової поверхні (прямокутник): $S = 2 \cdot (\pi \cdot d^2 / 4) + \pi \cdot d \cdot h$.

Об'єм циліндра визначається як добуток площі поперечного перерізу (кола) на висоту циліндра: $V = \pi \cdot d^2 / 4 \cdot h$.

| | |
|----------------|--|
| велика (5%), | розміри $S_{\text{в}} = 77.4$ [мм ²], $V_{\text{в}} = 44.1$ [мм ³]; |
| середня (67%), | розміри $S_{\text{с}} = 60.8$ [мм ²], $V_{\text{с}} = 28.3$ [мм ³]; |
| дрібна (28%), | розміри $S_{\text{д}} = 46.2$ [мм ²], $V_{\text{д}} = 19.4$ [мм ³]. |

4.Проведення Експерименту

4.1. Опис експериментальної установки

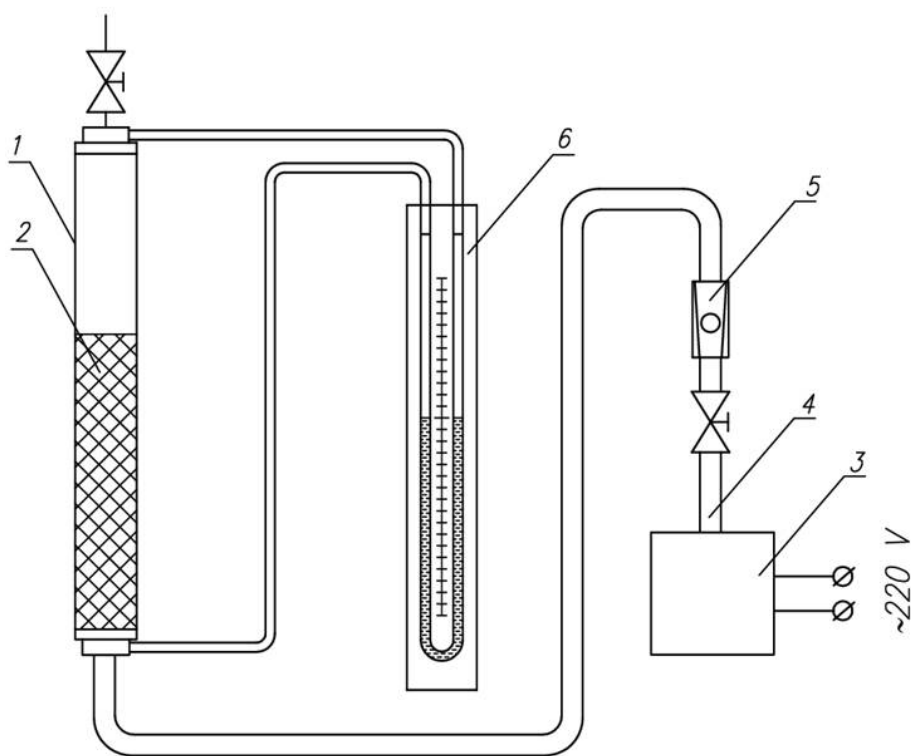


Рис.10

Підрисуночний напис

1-колона реакторна

2-каталізатор

3-газодувки

4-основний хід

5-газомер

6-ротаметр

7-компресор

8-блок

9-управління

10-додатковий хід

11-манометр тиску у

12-манометр реверсивного регулювання

13-дифманометр

1. Газ збирається в газодувці і подається через ротаметр (2) у нижню частину реакторної колонки (3).

2. Газ проходить через ротаметр (4) і виходить з верхньої частини.

5. Перепад тиску в колонці вимірюється водяним дифманометром (6), який підключений до верхньої і нижньої частини реакторної колонки





4.2. План і порядок проведення експериментальних робіт

Змінювали витрати по витратомірам, дані заносили в таблицю, крутили вентиль манометру. Ставили потрібний відсоток витрат, вимірювали перепад тиску за допомогою дифманометра, записували отримані результати, збільшували і зменшували витрати по черзі до виносу сипучого матеріалу, та заносили отримані дані в таблицю

4.3 Визначення необхідної кількості експериментів.

Планування.

Вихідні дані:

α – рівень значущості;

G^* – передбачуване значення G .

Необхідно визначити мінімальну кількість вибірок k та їхній обсяг n , що достатньо для підтвердження гіпотези про однорідність ряду дисперсій.

Обираємо $\alpha = 0.05$, $G_{\alpha}^* = 0.2$.

Необхідно визначити k та n .

Розв'язок.

Приймаємо значення $n = 11$.

Для заданого $G^* \cdot n - 1$ у таблиці знаходимо k .

Із таблиці для $\alpha = 0.05$, $G_{\alpha}^* = 0.2$ та $n - 1 = 10$ знаходимо $k \sim 10$.

Таким чином, для підтвердження гіпотези про однорідність ряду дисперсій необхідно мати мінімум десять вибірок ($k = 10$) обсягом не менш $n = 11$ кожна

Значення $G_{0.05}$ (верхній рядок) і $G_{0.05}$ (нижній рядок) (критерій Кохрена) для всіляких кількостей (k) та обсягів (n) вибірок

Вибір виду моделі

Вибір моделі полягає у виборі виду функції:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_k),$$

де Y – узагальнений показник (параметр оптимізації), що характеризує ефективність пристрою (системи), що й дозволяє проводити оптимізацію.

Екстремум Y відповідає оптимальній системі; x_1, x_2, \dots, x_k – фактори (зовнішні й внутрішні), які впливають на значення функції Y , вони мають оптимальні значення при екстремумі Y .

Завдання експерименту полягає в тому, щоб визначити чисельні значення констант (коефіцієнтів) цього рівняння. Звичайно функцію (x_1, x_2, \dots, x_k) обирають у вигляді степеневого ряду, точніше відрізків степеневих рядів – алгебраїчних поліномів. Зокрема, для двох факторів поліноми можуть мати вигляд поліномів

- нульового ступеня

$$y = b_0;$$

- першого ступеня

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2;$$

- другого ступеня

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{11} \cdot x_1^2 + b_{22} \cdot x_2^2;$$

- третього ступеня

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{11} \cdot x_1^2 + b_{22} \cdot x_2^2 +$$

Модель повинна бути досить точною, тобто бути близької до фактичної залежності. Тоді кажуть, що вона адекватна. У той же час бажане, щоб вона була простою. У кожній конкретній задачі дослідник вибирає модель, проводить експеримент, а потім по його результатах перевіряє адекватність моделі. Дуже часто гарною моделлю є поліном першого ступеня (лінійна модель).

4.4. Результати проведення експериментальних робіт

Критерій типу T . Маємо впорядковану (у порядку зростання) вибірку з n спостережень x_1, x_2, \dots, x_n , де x_1 або x_n за своєю величиною відрізняються від інших членів вибірки. Перевіряється гіпотеза $H_0: x_1$ (або x_n) належить даній вибірці, а його відмінність від інших членів вибірки – випадкова.

Для перевірки H_0 служать (відповідно для x_1 або x_n) наступні статистичні характеристики:

$$r_{min} = \frac{\bar{x} - x_1}{s_n \cdot \sqrt{\frac{n-1}{n}}}, \quad r_{max} = \frac{x_n - \bar{x}}{s_n \cdot \sqrt{\frac{n-1}{n}}},$$

де

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i, \quad s_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}.$$

Критичне значення $r_{max}(r_{min})$ вибирають із таблиці. Якщо виявиться, що , то гіпотеза H_0 відкидається й слід відкинути дане екстремальне значення вибірки.

4.5. Обробка результатів експериментів

Часто шукана величина лежить між вузлами таблиці. Для її знаходження можна застосовувати метод кусково-лінійної інтерполяції.

Метод базується на припущенні лінійної зміни параметру між вузлами таблиці.

Наприклад, маємо таблицю

| | |
|-------|-------|
| x_1 | y_1 |
| | |
| x_2 | y_2 |

або

| | | |
|-------|--|-------|
| x_1 | | x_2 |
| y_1 | | y_2 |

Для величини x_3 такій, що $x_1 < x_3 < x_2$ або $x_1 > x_3 > x_2$, треба знайти відповідне значення y_3 . Зважаючи на прийняту гіпотезу про лінійність залежності між вузлами таблиці, складаємо пряму пропорцію. Як результат, маємо формулу

$$y_2 = y_1 + (y_2 - y_1) \cdot \frac{x_2 - x_1}{x_2 - x_1}.$$

| | |
|-------|-------|
| x_1 | y_1 |
| x_2 | y_2 |
| x_2 | y_2 |

або

| | | |
|-------|-------|-------|
| x_1 | x_2 | x_2 |
| y_1 | y_2 | y_2 |

4.6 Перевірка однорідності дисперсій серій експериментів

Результати проведених експериментів занесені у таблицю.

Обробка даних починається з того, що весь діапазон зміни x на поле кореляції розбивається на 16 рівних інтервалів $\Delta = 5$ одиниць.

Все точки, що потрапили в інтервал Δx_j , відносять до його середини x_j . Після цього підраховують часткові середні \bar{y}_j для кожного інтервалу:

$$\bar{y}_j = \frac{1}{n_j} \cdot \sum_{i=1}^{n_j} y_{ji}.$$

тут n_j – кількість точок в інтервалі Δx_j .

$$\sum_{j=1}^{16} n_j = 200.$$

де k – кількість інтервалів розбиття;

N – обсяг вибірки (кількість даних експериментів).

Для кожного інтервалу розраховуємо дисперсію

$$s_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} (y_{ji} - \bar{y}_j)^2}{n_j - 1}.$$

де n_j – кількість даних, що потрапили до інтервалу x_j ;

i – номер точки в інтервалі x_j .

Наступним кроком розраховуємо та аналізуємо послідовності величин G_i :

$$G_j = \frac{s_j^2}{s_1^2 + s_2^2 + \dots + s_k^2}.$$

де i – номер вибірки;

k – кількість вибірок (інтервалів розбиття діапазону x).

За результатами розрахунків отримуємо максимальне значення $G_{max} = 0.1591$, воно належить першому інтервалу ($s_1^2 = 82.21$).

Тепер для $k = 16$ і $(n_1 - 1) = 17$ знайдемо табличне значення $G_{0.05}$ для степені значущості $\alpha = 0.05$.

Оскільки наші дані не точно відповідають табличним, застосуємо метод кусково-лінійної інтерполяції. Шукана величина знаходиться за формулою

$$y_2 = y_1 + (y_2 - y_1) \cdot \frac{x_2 - x_1}{x_2 - x_1}.$$

Знаходимо у таблиці величини $G_{0.05}$ для $n = 10$ та $k = 10$ і $k = 20$. Одержуємо значення 0.2353 та 0.1303 відповідно. Для знаходження значення при $k = 16$ застосовуємо формулу

$$G_{0.05}(n = 10) = 0.2353 + (0.1303 - 0.2353) \cdot \frac{16 - 10}{20 - 10} = 0.1723.$$

Аналогічно для $n = 36$ одержуємо з таблиці значення $G_{0.05}$: 0.1655 та 0.0879. Застосовуємо формулу

$$G_{0.05}(n = 36) = 0.1655 + (0.0879 - 0.1655) \cdot \frac{16 - 10}{20 - 10} = 0.11894.$$

Ми отримали дані для $k = 16$ та $n = 10$ і $n = 36$. Знову застосовуємо формулу для одержання величини $G_{0.05}$ для $n = 17$:

$$G_{0.05} = 0.1723 + (0.11894 - 0.1723) \cdot \frac{17 - 10}{36 - 10} = 0.1579 .$$

Таким чином, підсумкове табличне значення $G_{0.05} = 0.1579$.

Порівняння результатів показує, що розрахункове значення більше табличного ($G_{max} = 0.1591$) > ($G_{0.05} = 0.1579$). Робимо висновок, що гіпотеза про однорідність результатів експериментів не підтверджується з імовірністю 0.95. Тоді для першого інтервалу треба оцінити члени вибірки, що суттєво відрізняються. Якщо такі будуть знайдені, їх треба відкинути і знову перевірити однорідність дисперсій.

Планування.

Вихідні дані:

α – рівень значущості;

G^* – передбачуване значення G .

Необхідно визначити мінімальну кількість вибірок k та їхній обсяг n , що достатньо для підтвердження гіпотези про однорідність ряду дисперсій.

Обираємо $\alpha = 0.05$, $G_{\alpha}^* = 0.2$.

Необхідно визначити k та n .

Розв'язок.

Приймаємо значення $n = 11$.

Для заданого $G^* \cdot n - 1$ у таблиці знаходимо k .

Із таблиці для $\alpha = 0.05$, $G_{\alpha}^* = 0.2$ та $n - 1 = 10$ знаходимо $k \sim 10$.

Таким чином, для підтвердження гіпотези про однорідність ряду дисперсій необхідно мати мінімум десять вибірок ($k = 10$) обсягом не менш $n = 11$ кожна

Значення $G_{0.01}$ (верхній рядок) и $G_{0.05}$ (нижній рядок) (критерій Кохрена) для всіляких кількостей (k) та обсягів (n) вибірок

4.7. Пошук викидів експериментальних даних

Критерій типу r .

Оцінка однорідності дисперсій вимірювальних інтервалів показала, що критерій G для першого інтервалу більше табличного значення. Відповідно, для першого інтервалу треба оцінити члени вибірки, статистичні показники яких суттєво відрізняються. Якщо такі будуть знайдені, їх треба відкинути і знову перевірити однорідність дисперсій.

Для перевірки статистичних показників розрахуємо для експериментальних значень характеристику r :

$$r = \frac{|x - x_i|}{s_n \cdot \sqrt{\frac{n-1}{n}}}$$

де

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i, \quad s_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

В таблиці знаходимо значення критерію r для рівня значущості $\alpha = 0.05$ і числа ступенів волі $n - 1 = 18$.

$$r_\alpha = 2.600$$

В першому інтервалі даних знаходимо одне значення, що має критерій r , більший табличного $r(18) = 2.777$. Вилучаємо це значення з вибірки. Решта даних укладаються в заданий діапазон.

Перерахунок критерію G для нової вибірки дає значення 0.1373, що менше табличного. Таким чином, ми отримали вибірку даних, що повністю відповідає критерію однорідності і може застосовуватися для подальшої обробки.

Таблиця.

Значення $r_{\max}(r_{\min})$ для різних рівней значущості α

5.Проектна Частина

5.1.Розробка технологічної схеми пілотної установки

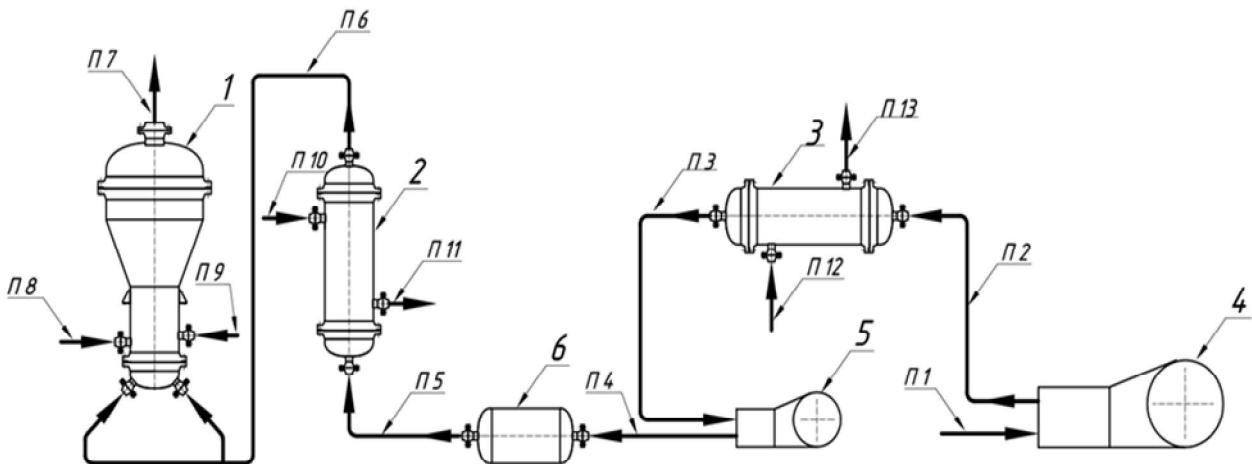


Рис.11

1.газ надходить в компресор.2.Потім проходить через підігрівач повітря.3.повітря з виходу проміжного холодильника на вхід другого ступеня компресора.4.повітря з виходу другого ступеня компресора на вхід ресивера.5.компресор другого ступеня.6.ресивер.

Основні апарати:

| | | |
|---|---|----------------------------|
| 1 | – | реактор; |
| 2 | – | підігрівач повітря; |
| 3 | – | проміжний холодильник; |
| 4 | – | компресор першого ступеня; |
| 5 | – | компресор другого ступеня; |
| 6 | – | ресивер. |

Технологічні потоки:

| | | |
|----|---|--|
| П1 | – | атмосферне повітря на вході компресора; |
| П2 | – | повітря з виходу першого ступеня компресора на вхід проміжного холодильника; |

| | | |
|-----|---|--|
| П3 | – | повітря з виходу проміжного холодильника на вхід другого ступеня компресора; |
| П4 | – | повітря з виходу другого ступеня компресора на вхід ресивера; |
| П5 | – | повітря з виходу ресивера ресора на вхід підігрівача повітря; |
| П6 | – | повітря з виходу підігрівача повітря на вхід реактора; |
| П7 | – | вихід продукту з реактора; |
| П8 | – | подача рідкого агента в реактор; |
| П9 | – | подача каталізатора в реактор; |
| П10 | – | вхід димових газів у підігрівач повітря; |
| П11 | – | вихід димових газів з підігрівача повітря; |
| П12 | – | вхід охолоджувальної води в проміжний холодильник; |
| П13 | – | вихід охолоджувальної води з проміжного холодильника. |

5.2. Розрахунок компресора.

У компресорах важливо не допускати надмірного підвищення температури стиснення газу (не більше), так як існує небезпека вибуху і загоряння мастила.

Вихідні дані для розрахунку компресора:

Робочий газ – повітря, показник адіабати $k = 1.4$, степінь політропи прийmemo $n = 1.3$.

Тиск на вході у компресор – **0.1 [МПа]**.

Температура на вході у компресор – .

Тиск на виході у компресор – **1.1 [МПа]**.

Масові витрати газу – .

Об'ємні витрати газу – .

Вважаючи робочий газ ідеальним, а процес стискування – адіабатним, знайдемо температуру газу на виході компресора.

З залежності

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}$$

знаходимо

Степінь підвищення тиску в компресорі

$$\varepsilon = \frac{P_2}{P_1} = \frac{1.1}{0.1} = 11.$$

Будемо вважати, що при роботі компресора буде застосовуватися компресорне масло, що допускає температуру нагріву до .

Оцінимо кількість ступенів стискування, необхідних для досягнення заданих параметрів газу.

З урахуванням допустимої температури нагріву масла, степінь підвищення тиску в одному ступенікомпресора при адіабатному стискуванні

Оцінюємо необхідне число ступенів стиснення

$$z_{min} = \frac{\ln \varepsilon}{\ln \varepsilon_{1 max}} = \frac{\ln \frac{P_2}{P_1}}{\ln \varepsilon_{1 max}} = \frac{\ln 11}{\ln 4.59} = 1.57.$$

Таким чином, необхідне обрати двуступеневий компресор з проміжним охолодженням стискуваного газу.

Визначимо тиск газу на виході першого ступеня компресора в результаті політропічного стиснення з обмеженням за температурою.

Газ, нагрітий до , поступає в проміжний холодильник, де

охолоджується до та подається до другого ступеню компресору. У другому ступеню газ дотискається до **1.1 [МПа]** і виходить з температурою

Оцінка потужності компресора

Теоретична робота, що витрачається за цикл стискування визначається як

де $L_{ц}$ – робота, що здійснюється у циліндрі компресора за один цикл стиснення газу;

– газова стала для повітря $\left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right]$.

де R – універсальна газова стала $\left[\frac{\text{Дж}}{\text{Моль} \cdot \text{К}} \right]$;

M – мольна маса повітря $\left[\frac{\text{кг}}{\text{кМоль}} \right]$.

Робота, що здійснюється у двох ступенях стискування, дорівнює сумі робіт за кожним ступенем

$$L_{ц} = \sum_{i=1}^z L_{ц i}.$$

де z – кількість ступенів стиснення.

$$= \frac{1.3}{1.3 - 1} \cdot 287 \cdot [(453.15 - 293.15) + (448 - 398.15)] =$$

$$= 260\,983.45 \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right].$$

При цьому розміри циліндрів підбираються таким чином, щоб проводилася однакова робота на всіх щаблях стиснення повітря.

За нашими розрахунками на першому ступені стиснення здійснена робота дорівнює $190\,986.7 \text{ [Дж/кг]}$, на другому ступені – $69\,996.75 \text{ [Дж/кг]}$.

Для оптимізації роботи компресора необхідно збалансувати роботу ступенів стискування таким чином, аби .

Встановимо, що температура газу на виході першого ступеня дорівнює $125^\circ\text{C} (398,15 \text{ К})$. Тоді тиск буде дорівнювати

Стиснений газ з виходу першого ступеня компресора надходить до проміжного холодильника, де охолоджується до температури $100^\circ\text{C} (373,15 \text{ К})$. Охолоджений газ подається до другого ступеню компресора, де стискається до необхідного тиску . Його температура після стискування становить

Робота за цикл стиснення газу, що здійснюється у першому ступені компресора, дорівнює

$$= \frac{1.3}{1.3 - 1} \cdot 287 \cdot (398.15 - 293.15) = 130\,585 \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right].$$

Робота за цикл, що здійснюється у другому ступені компресора дорівнює

$$= \frac{1.3}{1.3 - 1} \cdot 287 \cdot (477.8 - 373.15) = 130\,150 \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right].$$

Робота за цикл, що здійснюється у двох ступенях компресора дорівнює

$$L_{\text{ц}} = L_{\text{ц}_1} + L_{\text{ц}_2} = 130\,585 + 130\,150 = 260\,735 \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right].$$

Потужність компресору визначається як

У випадку двоступінчастої двоциліндрової установки, обладнання оснащено циліндрами різних розмірів. Стиснення повітря до певного значення відбувається в циліндрі першого ступеня. Далі повітря переходить у міжступеневий охолоджувач, де охолоджується до необхідного рівня. Потім, потрапляючи в циліндр другого ступеня, повітря дотискається до завданого рівня.

Застосування міжступеневого охолоджувача забезпечує охолодження повітря, яке знаходиться під тиском на проміжку між циліндрами двох ступенів, дозволяє оптимізувати процес його стиснення і значно підвищити ККД всієї установки.

У порівнянні з одноступінчастими установками, двоступеневі поршневі компресори дозволяють отримати більш ефективний рівень роботи. В першу чергу – це витрати меншої кількості енергії при однаковій потужності двигуна.

Крім того, температура в циліндрах двоступеневих установок має значно нижчий показник, ніж в компресорах одноступінчастого класу. Низька температура забезпечує надійність і ефективність роботи всього обладнання, а також підвищує ресурс поршневої групи. При цьому

двоступеневі установки мають продуктивність до 20% вище, ніж компресори одноступінчастого класу.

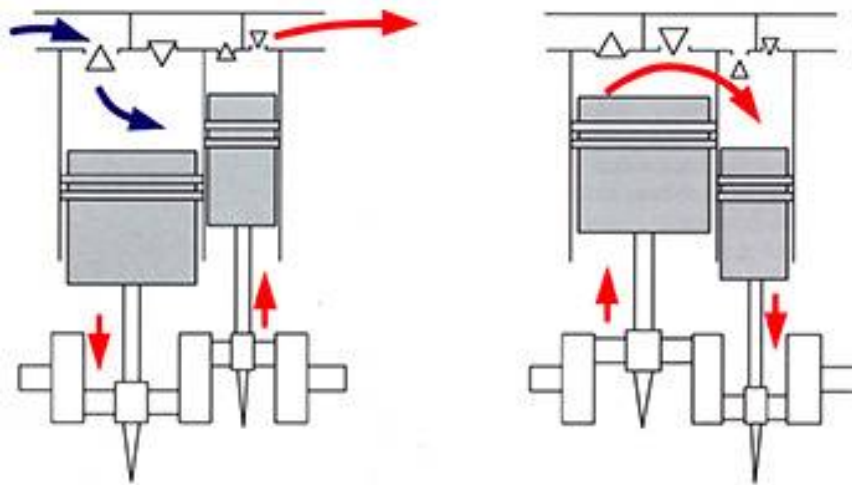
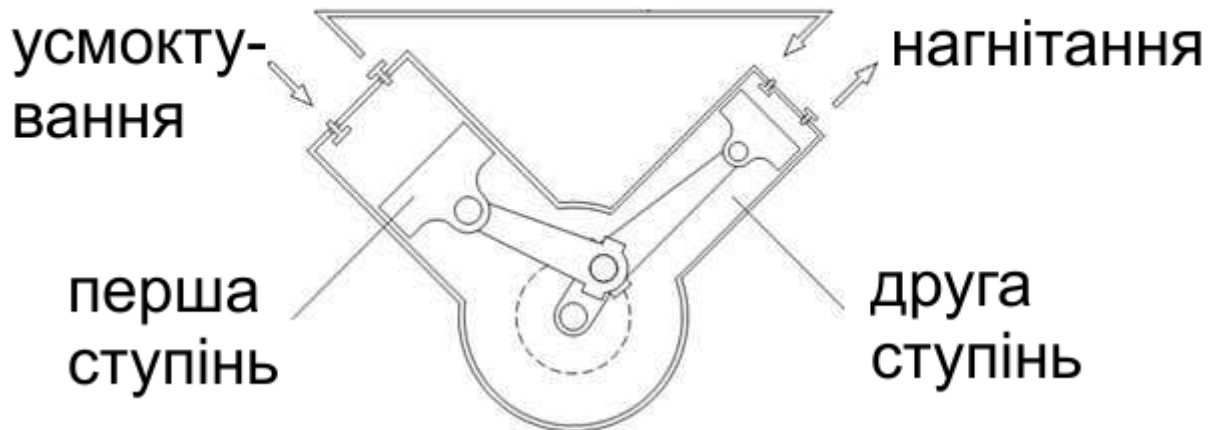


Рисунок 12. Двоступеневий толоковий компресор без проміжного охолоджувача

подача газу з першого
ступеня на другій



6. Техніка безпеки під час роботи в лабораторії

1. Інструкція встановлює вимоги безпеки для слюсарів з ремонту електроустаткування, що виконують ремонт електроустановок на підприємстві у відповідності з вимогами діючих правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Вимоги інструкції поширюються на всі електроустановки підприємства і є обов'язковими для всіх працівників при організації та виконанні робіт, пов'язаних з ремонтом електроустановок напругою до 1000 вольт.

2. Всі працівники, які виконують роботи, пов'язані з ремонтом електроустановок (електрообладнання) підлягають обов'язковому попередньому медичному огляду під час оформлення на роботу та періодичному протягом трудової діяльності. До роботи слюсарем з ремонту обладнання допускаються особи, що не мають медичних протипоказань у результаті медичного (і наркологічного) огляду, встановлених Моз України.

3. Особи, які допускаються до виконання робіт слюсаря з ремонту електроустаткування проходять вступний, первинний інструктаж з питань охорони праці, виробниче навчання (стажування) на робочому місці і перевірку знань з охорони праці з присвоєнням відповідної кваліфікаційної групи по електробезпеці.

4. Повторний інструктаж слюсареві по ремонту електрообладнання проводиться один раз в місяць, періодична перевірка знань з охорони праці - 1 раз у 12 місяців.

5. До роботи на електроустановках допускаються особи не молодше 18 років, мають спеціальну освіту.

6. При виконанні робіт слюсаря-електрика можуть мати місце такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- підвищене значення напруги в електричних ланцюгах, замикання яких

може статися через тіло людини. Це може відбутися при дотику, абонаближенню на відстань менше допустимого до неізолірованих струмоведучих частин елементів обладнання, що знаходяться під напругою, а також при переміщенні і роботі в зонах розтікання струму замикання на землю при впливі електричного поля і наведеної напруги;

- розташування робочого місця на значній висоті відносно землі(підлоги);

- наявність крайок, задирок на поверхнях інструментів та обладнання;

- підвищена (знижена температура повітря робочої зони);

- підвищена загазованість повітря робочої зони;

- підвищена напруженість електричного поля;

- недостатня освітленість робочої зони;

- рухомі частини виробничого обладнання, інструментів;

- падіння предметів з висоти.

6. Індивідуальні засоби захисту від дії небезпечних і шкідливих виробничих факторів: спецодяг, спецвзуття, рукавиці (комбіновані), рукавички діелектричні, каска (діелектрична), окуляри. Основні і додаткові ізолюючі засоби в електроустановках напругою до 1000В.

7. Організаційні заходи для забезпечення безпеки робіт:

- затвердження переліків робіт, що виконуються за нарядами, розпорядженнями в порядку поточної експлуатації;

- призначення осіб, відповідальних за безпечне ведення робіт;

- оформлення робіт нарядом, розпорядженням або затвердженням переліку робіт, виконуються в порядку поточної експлуатації;

- підготовка робочих місць;

- допуск до робіт;

- нагляд під час ведення робіт;

- переведення на інше робоче місце;

- оформлення закінчення робіт, перерв у роботі, перекладів на інші робочі місця.

8. Технічні заходи для забезпечення безпеки робіт:

- відключення установки (частини установки) від джерела живлення електроенергією;
- механічне замикання приводів відключених комутаційних апаратів, зняття запобіжників, від'єднання кінців живильних ліній;
- встановлення знаків безпеки та огорожу, що залишаються під напругою струмоведучих частин;
- накладення заземлень;
- огороження робочого місця;
- виконання робіт за нарядом не менш ніж двома особами, із застосуванням електрозахисних засобів;
- безперервний нагляд за виробництвом робіт;
- огороження рухомих частин виробничого обладнання, інструментів.
- застосування драбин, риштувань, площадок, огорож при роботі на висоті.

ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПЕРЕД ПОЧАТКОМ РОБОТИ

1. Одягти спецодяг і привести його в порядок: рукава застібнути, заправити одяг так, щоб не було звисаючих кінців, волосся прибрати під головний убір (каска).

2. Перевірити справність і придатність засобів захисту:

- відсутність зовнішніх пошкоджень (цілісність лакового покриття ізолюючих засобів захисту, тріщин, розривів і сторонніх включень у діелектричних рукавичок і інших засобів з гуми, цілісність скла окулярів тощо);
- міцність з'єднань і справність замку на карабіні запобіжного (монтажного) поясу, а також наявність стопорного пристрою та страхувального канату;
- дату наступного випробування по штампі.

3. Перед використанням засобів захисту слід очистити їх від пилу.

4. Перевірити наявність і справність на робочому місці інструменту, який повинен відповідати таким вимогам:

- ручки плоскогубців, гострогубців, кусачок повинні мати захисну ізоляцію;

- робоча частина викрутки повинна бути добре заточена, рукоятка виготовлена з ізоляційного матеріалу. На стрижень викрутки надіти ізоляційну трубку, залишає відкритою лише робочу частину викрутки;

- гайкові ключі повинні мати паралельні губки і відповідати вказаним на них розміри, робочі поверхні ключів не повинні мати збитих скосів, а рукоятки - задирок;- напилки повинні мати ручки з металевими кільцями;

- лещата повинні мати не спрацьовану насічку на губках і міцно укріплені на ґрунті, рухомі частини лещат повинні переміщатися без заїдань;

- рукоятки молотка повинні мати по всій довжині овальну форму, повинні бути гладкими, без сучків і тріщин, укріплені в інструменті за допомогою металевих клинів.

5. Робочий інструмент слід зберігати в переносній інструментальній сумці(ящику).

6. Необхідно перевірити справність контрольно-вимірювальних приладів і пристосувань, які знаходяться на робочому місці.

7. Переносні світильники повинні застосовуватися тільки заводського виготовлення, напругою не вище 42 В, а в місцях особливо небезпечних (сирих приміщеннях, траншеях, йомкостях) не вище 12 В. У ручного переносного світильника повинна бути металевасітка, закріплена на рукоятці гвинтами, гачок для підвішування та шланговий провід з виделкою, конструкція якого виключає можливість її включення в розетку з напругою не вище 42 В.

8. Перед початком роботи на висоті необхідно перевірити справність лісів, огорож робочої площадки, сходів, драбин.

9. Засоби захисту, прилади, інструменти і пристосування з дефектами або з закінченим терміном повірки (випробування, придатності) необхідно вилучити і повідомити про це своєму керівникові.

10. Робочі місця в зоні обслуговування (роботи) повинні бути добре освітлені.

Перемикання можна проводити при освітленості 10 лк.

11. Якщо підлога, обладнання, настил на місці роботи слизькі, це необхідно усунути.

ПІД ЧАС РОБОТИ ВИМОГИ БЕЗПЕКИ

1. Під час роботи і огляду обладнання перебувати поблизу комутаційної апаратури, збірних шин і інших струмоведучих частин допускається у випадках виробничої необхідності і при строгому дотриманні ПТБ.

2. Одноосібне обслуговування підстанції напругою до 1000 В може проводитися працівником, не нижче 3 групи з електробезпеки.

3. В електроустановках, що знаходяться під напругою, при огляді не дозволяється відчиняти двері щитів, збірок, пультів управління і інших пристроїв. При огляді обладнання не дозволяється відволікатися на проведення якої-небудь роботи.

4. При перемиканнях необхідно суворо дотримуватися послідовності дій, встановлену бланком перемикачів. Перемикання необхідно виконувати без перерви не відволікатися.

5. При виконанні операцій з розподільниками на ключі керування необхідно вивісити плакат «Не включати. Працюють люди». Вимикати і вмикати роз'єднувачі, віддільники і вимикачі вище 1000 В з ручним приводом необхідно в діелектричних рукавичках.

6. Включення роз'єднувачів слід виконувати швидко, але без удару в кінці ходу. Розпочата операція включення повинна бути продовжена до кінця в будь-якому випадку, навіть при появі дуги між контактами.

7. Після кожної проведеної операції включення або відключення роз'єднувачів, вимикачів їх дійсне положення слід перевірити візуально.

8. Оперативні перемикання необхідно виконувати, не порушуючи блокувальних пристроїв.

9. Знімати і встановлювати запобіжники, необхідно при знятій напрузі.

Під напругою і під навантаженням можна замінювати запобіжники у вторинних колах і в мережах освітлення, а також запобіжники трансформаторів напруги.

10. Під час зняття і встановлення запобіжників під напругою слід застосовувати такі засоби захисту:

- в установках до 1000 В - ізолюючі кліщі, штангу або діелектричні рукавички і захисні окуляри (маски);

- в установках вище 1000 В - ізолюючі кліщі (штанги) із застосуванням діелектричних рукавичок і захисних окулярів.

11. Для заземлення струмовідних частин слід використовувати заземлювачі або переносні заземлення заводського виготовлення. Для заземлення невеликих по перерізу жил кабелю дозволяється використовувати мідний провідник перерізом не менше перерізу жил кабелю або з'єднати між собою жили кабелю та ізолювати їх.

12. Металеві корпуси переносних приладів, випробувальних пристроїв, перетворювачів розділових і понижуючих трансформаторів, повинні бути заземлені приєднанням заземлюючого затиску на корпусі до заземлюючого зажиму

Висновки

1. Ознайомився зі способами псевдозрідження сипких матеріалів.
2. Розробив експериментальну установку апарату з псевдозрідженим шаром.
3. Розробив план проведення експерименту.
4. Провів експеримент.
5. Обробив результати експерименту.
6. На основі критеріальних рівнянь визначення основних параметрів пілотної установки.
7. Розробив технологічну схему пілотної установки.
8. Оціночний розрахунок компресора технологічної схеми пілотної установки.

Література.

Введення.-модельовання технологічного процесу-В. А. Штерензон.

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

1-

.Псевдожиження.(https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%BF%D0%BE%D1%87%D0%B2%D1%8B).

2.2-х Ступінчастий поршневий компресор(<http://www.tehnofond.ru/info/articles/kompressornoe-oborudovanie/porshnevie-kompressory>)

3.Порізність.(<http://www.rsvpu.ru/filedirectory/3468/shterenzon.pdf>)

4.Довідник хіміка.Хім.технологія(<http://chem21.info/info/1453919/>)

5.Переваги та недоліки застосування псевдо зрідження(<http://www.ximuk.ru/encyklopedia/2/3754.html>)

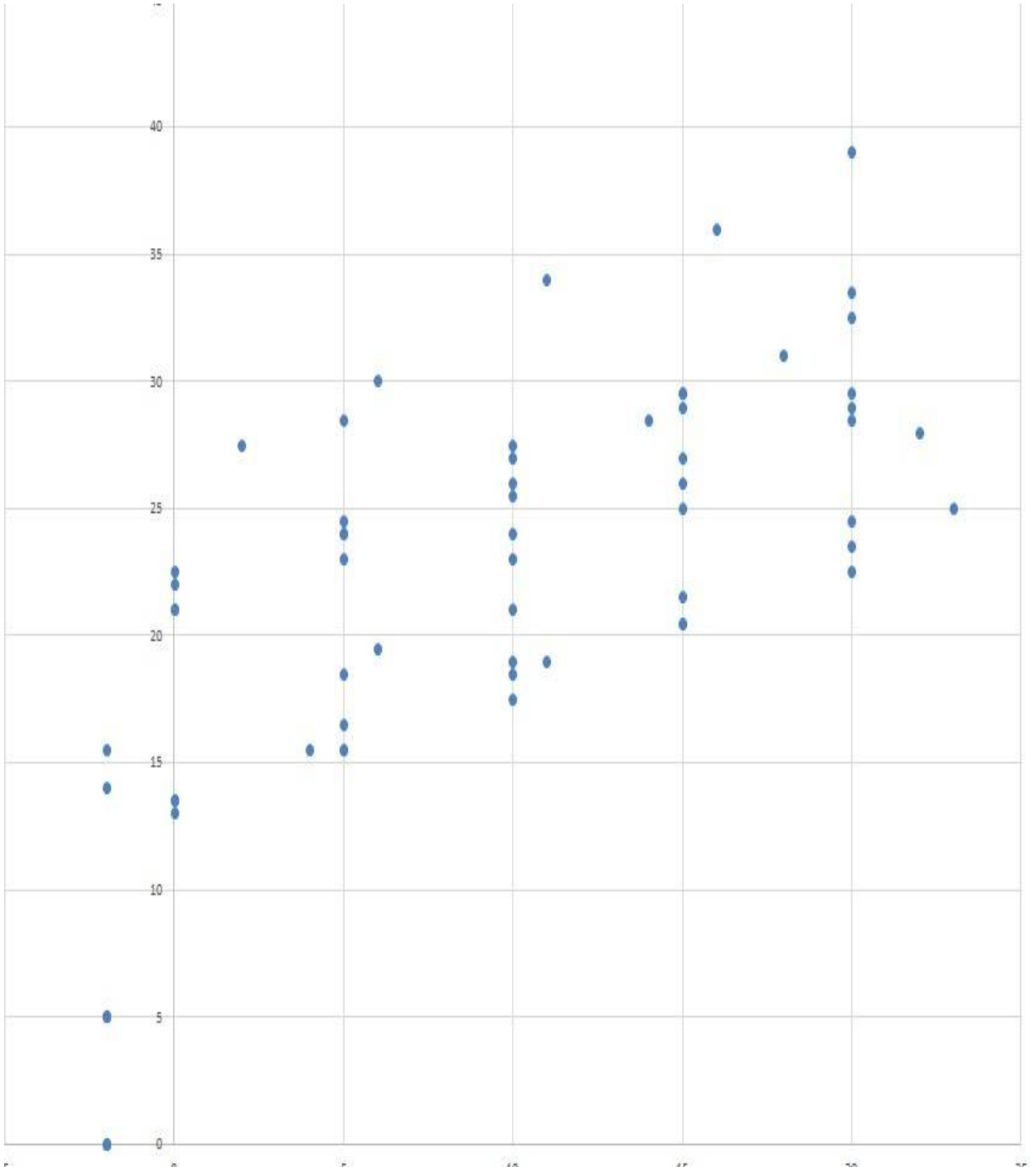
6.Характеристики псевдозрідженого шару(<https://dl.sumdu.edu.ua/textbooks/22852/266001/index.html>)

7.Методи виготовлення елементів апаратів під тиском (теплообмінних апаратів, компресорів(http://ci.kpi.ua/METODA/t_8_vu.Pdf))

8. Фізико-механічні властивості речовин, що використовуються в роботі.(<http://www.polyпарк.com.ua/support/additive/>)

Додатки:

Додаток 1



Додаток 2

| Управление расходом на выходе колонки | | | | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-------|--|---------------------|
| Номер эксперимента | Положение поплавка от нуля шкалы, мм | Перепад давления, мм.вод. ст. | | Итоговый перепад давления, мм.вод. ст. | Уровень насадки, см |
| 1 | -2 | 7,5 | -8 | 15,5 | |
| 2 | 6 | 9,5 | -10 | 19,5 | |
| 3 | 10 | 11 | -12 | 23 | |
| 4 | 15 | 12,5 | -13,5 | 26 | |
| 5 | 20 | 13,5 | -15,5 | 29 | |
| 6 | 24 | 15,5 | -16,5 | 32 | |
| 7 | 29 | 16,5 | -18 | 34,5 | 111 |
| 8 | 34 | 18,5 | -20 | 38,5 | |
| 9 | 38 | 20 | -22 | 42 | |
| 10 | 43 | 21 | -23 | 44 | |
| 11 | 47 | 23 | -25 | 48 | |
| 12 | 52 | 24,5 | -26,5 | 51 | 104 |
| 13 | 56 | 24,5 | -27 | 51,5 | 105,5 |
| 14 | 60 | 26 | -28,5 | 54,5 | |
| 15 | 65 | 23,5 | -25,5 | 49 | 106 |
| 16 | 69 | 25 | -27 | 52 | 107 |
| 17 | 72 | 26 | -28 | 54 | 109 |
| 18 | 74 | 23 | -24,5 | 47,5 | 115 |
| 1 | -2 | 6 | -8 | 14 | 105 |
| 2 | 4 | 7 | -8,5 | 15,5 | |
| 3 | 11 | 9 | -10 | 19 | 106 |
| 4 | 23 | 12 | -13 | 25 | 106,5 |
| 5 | 26 | 10,5 | -11,5 | 22 | 106 |
| 6 | 29 | 13 | -14,5 | 27,5 | 107 |
| 7 | 36 | 15 | -16,5 | 31,5 | 108 |
| 8 | 41 | 16 | -17,5 | 33,5 | 108,5 |
| 9 | 47 | 17 | -19 | 36 | 109,5 |
| 10 | 52 | 18,5 | -20 | 38,5 | 110,5 |
| 11 | 56 | 19 | -20,5 | 39,5 | |

| | | | | | |
|----|----|------|-------|------|-------|
| 12 | 62 | 20 | -21,5 | 41,5 | 112,5 |
| 13 | 66 | 21 | -23 | 44 | 113 |
| 14 | 71 | 22 | -24 | 46 | 115 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 1 | -2 | 7,5 | -8 | 15,5 | |
| 2 | -2 | 6 | -8 | 14 | |
| 3 | -2 | 2 | -3 | 5 | |
| 4 | -2 | 2 | -3 | 5 | |
| 5 | -2 | 0 | 0 | 0 | |
| 6 | -2 | 0 | 0 | 0 | |
| 7 | -2 | 2 | -3 | 5 | |
| 8 | -2 | 2 | -3 | 5 | |
| 9 | -2 | 0 | 0 | 0 | |
| 10 | -2 | 0 | 0 | 0 | |
| 11 | 0 | 6 | -7,5 | 13,5 | |
| 12 | 0 | 11 | -11,5 | 22,5 | |
| 13 | 0 | 10,5 | -11,5 | 22 | |
| 14 | 0 | 10 | -11 | 21 | |
| 15 | 0 | 6 | -7 | 13 | |
| 16 | 0 | 6 | -7,5 | 13,5 | |
| 17 | 0 | 10 | -11 | 21 | |
| 18 | 2 | 13,5 | -14 | 27,5 | |
| 19 | 4 | 7 | -8,5 | 15,5 | |
| 20 | 5 | 8,5 | -10 | 18,5 | |
| 21 | 5 | 7 | -8,5 | 15,5 | |
| 22 | 5 | 12 | -12,5 | 24,5 | |
| 23 | 5 | 11,5 | -12,5 | 24 | |
| 24 | 5 | 11 | -12 | 23 | |
| 25 | 5 | 7 | -8,5 | 15,5 | |
| 26 | 5 | 7,5 | -9 | 16,5 | |
| 27 | 5 | 16 | -12,5 | 28,5 | |
| 28 | 5 | 11,5 | -12,5 | 24 | |
| 29 | 6 | 9,5 | -10 | 19,5 | |

| | | | | |
|----|----|------|-------|------|
| 30 | 6 | 14,5 | -15,5 | 30 |
| 31 | 10 | 11 | -12 | 23 |
| 32 | 10 | 10 | -11 | 21 |
| 33 | 10 | 8,5 | -10 | 18,5 |
| 34 | 10 | 13 | -14 | 27 |
| 35 | 10 | 13 | -14,5 | 27,5 |
| 36 | 10 | 11,5 | -12,5 | 24 |
| 37 | 10 | 8 | -9,5 | 17,5 |
| 38 | 10 | 9 | -10 | 19 |
| 39 | 10 | 12 | -13,5 | 25,5 |
| 40 | 10 | 12,5 | -13,5 | 26 |
| 41 | 11 | 9 | -10 | 19 |
| 42 | 11 | 16,5 | -17,5 | 34 |
| 43 | 14 | 14,5 | -14 | 28,5 |
| 44 | 15 | 12,5 | -13,5 | 26 |
| 45 | 15 | 12 | -13 | 25 |
| 46 | 15 | 9,5 | -11 | 20,5 |
| 47 | 15 | 14 | -15 | 29 |
| 48 | 15 | 13 | -14 | 27 |
| 49 | 15 | 9,5 | -11 | 20,5 |
| 50 | 15 | 10 | -11,5 | 21,5 |
| 51 | 15 | 14,5 | -15 | 29,5 |
| 52 | 15 | 14 | -15,5 | 29,5 |
| 53 | 16 | 17,5 | -18,5 | 36 |
| 54 | 18 | 15 | -16 | 31 |
| 55 | 20 | 13,5 | -15,5 | 29 |
| 56 | 20 | 10,5 | -12 | 22,5 |
| 57 | 20 | 19 | -20 | 39 |
| 58 | 20 | 16 | -17,5 | 33,5 |
| 59 | 20 | 13,5 | -15 | 28,5 |
| 60 | 20 | 11 | -12,5 | 23,5 |
| 61 | 20 | 11,5 | -13 | 24,5 |
| 62 | 20 | 14 | -15,5 | 29,5 |
| 63 | 20 | 15,5 | -17 | 32,5 |
| 64 | 22 | 13 | -15 | 28 |
| 65 | 23 | 12 | -13 | 25 |
| 66 | 23 | 16,5 | -16 | 32,5 |

| | | | | |
|-----|----|------|-------|------|
| 67 | 24 | 15,5 | -16,5 | 32 |
| 68 | 24 | 20 | -21,5 | 41,5 |
| 69 | 25 | 11,5 | -13 | 24,5 |
| 70 | 25 | 16,5 | -18 | 34,5 |
| 71 | 25 | 14 | -15,5 | 29,5 |
| 72 | 25 | 12 | -13,5 | 25,5 |
| 73 | 25 | 12,5 | -14,5 | 27 |
| 74 | 25 | 15 | -16,5 | 31,5 |
| 75 | 25 | 16,5 | -18 | 34,5 |
| 76 | 26 | 10,5 | -11,5 | 22 |
| 77 | 26 | 15 | -16,5 | 31,5 |
| 78 | 28 | 17 | -18 | 35 |
| 79 | 29 | 16,5 | -18 | 34,5 |
| 80 | 29 | 13 | -14,5 | 27,5 |
| 81 | 30 | 16,5 | -17,5 | 34 |
| 82 | 30 | 12,5 | -14,5 | 27 |
| 83 | 30 | 22 | -23,5 | 45,5 |
| 84 | 30 | 18,5 | -20,5 | 39 |
| 85 | 30 | 15,5 | -17 | 32,5 |
| 86 | 30 | 13 | -14,5 | 27,5 |
| 87 | 30 | 14 | -16 | 30 |
| 88 | 30 | 16 | -17,5 | 33,5 |
| 89 | 30 | 17,5 | -19,5 | 37 |
| 90 | 32 | 18,5 | -19 | 37,5 |
| 91 | 34 | 18,5 | -20 | 38,5 |
| 92 | 34 | 23 | -25 | 48 |
| 93 | 35 | 17 | -19 | 36 |
| 94 | 35 | 14 | -15,5 | 29,5 |
| 95 | 35 | 20 | -22 | 42 |
| 96 | 35 | 16,5 | -18,5 | 35 |
| 97 | 35 | 13,5 | -15,5 | 29 |
| 98 | 35 | 15,5 | -17,5 | 33 |
| 99 | 35 | 18,5 | -19 | 37,5 |
| 100 | 35 | 19,5 | -21,5 | 41 |
| 101 | 36 | 15 | -16,5 | 31,5 |
| 102 | 38 | 20 | -22 | 42 |
| 103 | 38 | 18 | -19 | 37 |

| | | | | |
|-----|----|------|-------|------|
| 104 | 39 | 25 | -26,5 | 51,5 |
| 105 | 40 | 19 | -21,5 | 40,5 |
| 106 | 40 | 15 | -17 | 32 |
| 107 | 40 | 21 | -23 | 44 |
| 108 | 40 | 18 | -19,5 | 37,5 |
| 109 | 40 | 14,5 | -16,5 | 31 |
| 110 | 40 | 18 | -20 | 38 |
| 111 | 40 | 18 | -20 | 38 |
| 112 | 40 | 20,5 | -22,5 | 43 |
| 113 | 41 | 16 | -17,5 | 33,5 |
| 114 | 42 | 19 | -20 | 39 |
| 115 | 43 | 21 | -23 | 44 |
| 116 | 43 | 26 | -28 | 54 |
| 117 | 45 | 21 | -23,5 | 44,5 |
| 118 | 45 | 16,5 | -18,5 | 35 |
| 119 | 45 | 23 | -25 | 48 |
| 120 | 45 | 18,5 | -20,5 | 39 |
| 121 | 45 | 16 | -18 | 34 |
| 122 | 45 | 19,5 | -22 | 41,5 |
| 123 | 45 | 19 | -21 | 40 |
| 124 | 45 | 22 | -24 | 46 |
| 125 | 46 | 20 | -21 | 41 |
| 126 | 47 | 23 | -25 | 48 |
| 127 | 47 | 17 | -19 | 36 |
| 128 | 47 | 27,5 | -30 | 57,5 |
| 129 | 50 | 22,5 | -25 | 47,5 |
| 130 | 50 | 17 | -19,5 | 36,5 |
| 131 | 50 | 24 | -26,5 | 50,5 |
| 132 | 50 | 19 | -20,5 | 39,5 |
| 133 | 50 | 17 | -19,5 | 36,5 |
| 134 | 50 | 20,5 | -23 | 43,5 |
| 135 | 50 | 20 | -21 | 41 |
| 136 | 50 | 24 | -26 | 50 |
| 137 | 51 | 29 | -31,5 | 60,5 |
| 138 | 51 | 20 | -21,5 | 41,5 |
| 139 | 52 | 24,5 | -26,5 | 51 |
| 140 | 52 | 18,5 | -20 | 38,5 |

| | | | | |
|-----|----|------|-------|------|
| 141 | 55 | 24 | -27 | 51 |
| 142 | 55 | 18,5 | -20,5 | 39 |
| 143 | 55 | 25 | -27 | 52 |
| 144 | 55 | 19,5 | -21,5 | 41 |
| 145 | 55 | 18 | -20,5 | 38,5 |
| 146 | 55 | 22,5 | -25 | 47,5 |
| 147 | 55 | 20 | -21,5 | 41,5 |
| 148 | 55 | 25 | -27,5 | 52,5 |
| 149 | 56 | 24,5 | -27 | 51,5 |
| 150 | 56 | 19 | -20,5 | 39,5 |
| 151 | 56 | 25 | -33,5 | 58,5 |
| 152 | 56 | 21 | -22,5 | 43,5 |
| 153 | 60 | 26 | -28,5 | 54,5 |
| 154 | 60 | 25,5 | -28,5 | 54 |
| 155 | 60 | 21,5 | -23,5 | 45 |
| 156 | 60 | 26 | -29 | 55 |
| 157 | 60 | 20,5 | -22,5 | 43 |
| 158 | 60 | 19 | -21 | 40 |
| 159 | 60 | 23,5 | -26,5 | 50 |
| 160 | 60 | 21 | -23 | 44 |
| 161 | 60 | 24 | -26 | 50 |
| 162 | 61 | 19 | -21 | 40 |
| 163 | 61 | 21,5 | -23 | 44,5 |
| 164 | 62 | 20 | -21,5 | 41,5 |
| 165 | 64 | 23 | -25 | 48 |
| 166 | 65 | 23,5 | -25,5 | 49 |
| 167 | 65 | 24 | -26 | 50 |
| 168 | 65 | 25 | -28 | 53 |
| 169 | 65 | 21 | -23 | 44 |
| 170 | 65 | 19,5 | -21,5 | 41 |
| 171 | 65 | 21,5 | -24 | 45,5 |
| 172 | 65 | 23 | -25 | 48 |
| 173 | 65 | 25,5 | -28 | 53,5 |
| 174 | 66 | 21 | -23 | 44 |
| 175 | 66 | 20 | -22 | 42 |
| 176 | 66 | 23,5 | -22 | 45,5 |
| 177 | 69 | 25 | -27 | 52 |

| | | | | |
|-----|----|------|-------|------|
| 178 | 69 | 25 | -28 | 53 |
| 179 | 69 | 25 | -26 | 51 |
| 180 | 70 | 22 | -24 | 46 |
| 181 | 70 | 24 | -26 | 50 |
| 182 | 70 | 22 | -24 | 46 |
| 183 | 70 | 20 | -22 | 42 |
| 184 | 70 | 23 | -26 | 49 |
| 185 | 70 | 24 | -25,5 | 49,5 |
| 186 | 70 | 27 | -30 | 57 |
| 187 | 71 | 22 | -24 | 46 |
| 188 | 72 | 26 | -28 | 54 |
| 189 | 72 | 21,5 | -23,5 | 45 |
| 190 | 74 | 23 | -24,5 | 47,5 |
| 191 | 75 | 24 | -27 | 51 |
| 192 | 75 | 23,5 | -25 | 48,5 |
| 193 | 75 | 25 | -28 | 53 |
| 194 | 75 | 25 | -28 | 53 |
| 195 | 75 | 21 | -23 | 44 |
| 196 | 75 | 24,5 | -27,5 | 52 |
| 197 | 75 | 25,5 | -28 | 53,5 |
| 198 | 75 | 24 | -26 | 50 |
| 199 | 78 | 23,5 | -25,5 | 49 |
| 200 | 78 | 23,5 | -23,5 | 47 |

Додаток 3

| k | n | | | | | | | |
|-----|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 10 | 36 |
| 2 | 0.9999 | 0.9950 | 0.9794 | 0.9586 | 0.9373 | 0.8998 | 0.8539 | 0.7067 |
| | 0.9985 | 0.9750 | 0.9392 | 0.9057 | 0.8772 | 0.8332 | 0.7880 | 0.6602 |
| 3 | 0.99333 | 0.9423 | 0.8831 | 0.8335 | 0.7933 | 0.7335 | 0.6743 | 0.5153 |
| | 0.9669 | 0.8709 | 0.7977 | 0.7457 | 0.7071 | 0.6530 | 0.6025 | 0.4748 |
| 4 | 0.9676 | 0.8646 | 0.7814 | 0.7212 | 0.6761 | 0.6129 | 0.5536 | 0.4057 |
| | 0.9065 | 0.7679 | 0.6841 | 0.6287 | 0.5895 | 0.5365 | 0.4884 | 0.3720 |
| 5 | 0.9279 | 0.7885 | 0.6957 | 0.6329 | 0.5875 | 0.5259 | 0.4697 | 0.3351 |
| | 0.8412 | 0.6838 | 0.5981 | 0.5441 | 0.5065 | 0.4564 | 0.4118 | 0.3066 |
| 7 | 0.8376 | 0.6644 | 0.5685 | 0.5080 | 0.4659 | 0.4105 | 0.3616 | 0.2494 |
| | 0.7271 | 0.5612 | 0.4800 | 0.4307 | 0.3974 | 0.3535 | 0.3154 | 0.2278 |
| 10 | 0.7175 | 0.5358 | 0.4469 | 0.3934 | 0.3572 | 0.3106 | 0.2704 | 0.1811 |
| | 0.6020 | 0.4450 | 0.3733 | 0.3311 | 0.3029 | 0.2666 | 0.2353 | 0.1655 |
| 20 | 0.4799 | 0.3297 | 0.2654 | 0.2288 | 0.2048 | 0.1748 | 0.1501 | 0.0960 |
| | 0.3894 | 0.2705 | 0.2205 | 0.1921 | 0.1735 | 0.1501 | 0.1303 | 0.0879 |
| 40 | 0.2940 | 0.1915 | 0.1508 | 0.1281 | 0.1135 | 0.0957 | 0.0816 | 0.0503 |
| | 0.2370 | 0.1576 | 0.1259 | 0.1082 | 0.0968 | 0.0780 | 0.0713 | 0.0462 |
| 120 | 0.1225 | 0.0759 | 0.0585 | 0.0489 | 0.0429 | 0.0357 | 0.0302 | 0.0178 |

| | | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0.0998 | 0.0632 | 0.0495 | 0.0419 | 0.0371 | 0.0312 | 0.0266 | 0.0165 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|

Додаток 4.

| Число ступенів волі | α | | | | Число ступенів волі | α | | | |
|---------------------|----------|-------|-------|-------|---------------------|----------|-------|-------|-------|
| | 0.10 | 0.05 | 0.025 | 0.01 | | 0.10 | 0.05 | 0.025 | 0.01 |
| 1 | 1.406 | 1,412 | 1,414 | 1,414 | 13 | 2.326 | 2,493 | 2,638 | 2,800 |
| 2 | 1.645 | 1,689 | 1,710 | 1,723 | 14 | 2.354 | 2,523 | 2,670 | 2,837 |
| 3 | 1.791 | 1,869 | 1,917 | 1,955 | 15 | 2.380 | 2,551 | 2,701 | 2,871 |
| 4 | 1.894 | 1,996 | 2,067 | 2,130 | 16 | 2.404 | 2,577 | 2,728 | 2,903 |
| 5 | 1.974 | 2,093 | 2,182 | 2,265 | 17 | 2.426 | 2,600 | 2,754 | 2,932 |
| 6 | 2.041 | 2,172 | 2,273 | 2,374 | 18 | 2.447 | 2,623 | 2,778 | 2,959 |
| 7 | 2.097 | 2,237 | 2,349 | 2,464 | 19 | 2.467 | 2,644 | 2,801 | 2,984 |
| 8 | 2.146 | 2,294 | 2,414 | 2,540 | 20 | 2.486 | 2,664 | 2,823 | 3,008 |
| 9 | 2.190 | 2,343 | 2,470 | 2,606 | 21 | 2.504 | 2,683 | 2,843 | 3,030 |
| 10 | 2.229 | 2,387 | 2,519 | 2,663 | 22 | 2.520 | 2,701 | 2,862 | 3,051 |
| 11 | 2.264 | 2,426 | 2,562 | 2,714 | 23 | 2.537 | 2,717 | 2,880 | 3,071 |
| 12 | 2.297 | 2,461 | 2,602 | 2,759 | | | | | |

