

Вакуумна техніка знайшла широке застосування практично у всіх галузях науки і техніки як для реалізації технологічних процесів виготовлення різноманітних видів продукції, фізико-технічних експериментів, дослідів, так і для створення умов нормального функціонування багатьох пристроїв, приладів та агрегатів.

Метою даного спецкурсу є:

- формування загальних уявлень про фізичні основи створення вакууму;
- надання необхідних теоретичних знань з фізики вакууму, методів одержання і вимірювання вакууму;
- отримання практичних навичок експлуатації сучасного вакуумного устаткування.

Вакуумна техніка – прикладна наука, що вивчає методи одержання і збереження вакууму, техніку проведення вакуумних вимірювань, а також питання розробки, конструювання і застосування вакуумних систем та їхніх функціональних елементів.

З наведеного визначення випливає, що виконання лабораторного спецкурсу «Основи фізики вакууму та вакуумних технологій» слід розбити на ряд етапів, пов'язаних із вивченням:

- фізики вакууму, в основі якої лежить молекулярно-кінетична теорія газів;
- основ вакуумного матеріалознавства;
- техніки вакууму (методи одержання і вимірювання);
- основ вакуумної технології.

Завданням першого етапу є повторення основних понять із молекулярно-кінетичної теорії газів, таких, як тиск газу, закони ідеального газу, розподіл молекул газу за швидкостями, середня довжина вільного пробігу молекул, явища переносу енергії, сорбційні явища, тощо. На цьому етапі необхідно також вивчити режими течії розріджених газів по трубопроводах, основи методів розрахунку провідності елементів вакуумних систем, основне рівняння вакуумної техніки, принципи побудови схем вакуумних установок та їхні основні типи.

На другому етапі основну увагу необхідно приділити вивченню вимог, що ставляться до конструкційних матеріалів вакуумних систем, таких, як вакуумна щільність, газотримування, легкість знегажування, теплова, хімічна й електроізоляційна стійкість, зварюваність, оброблюваність, тощо. Тут же необхідно

розглянути класифікацію матеріалів вакуумних систем, їхні основні марки, призначення та характеристики.

Третій етап є центральним у даному спецкурсі. Тут необхідно вивчити класифікацію, принцип роботи й основні види засобів відкачки вакуумних систем та вимірювання тиску в них. Докладніше слід зупинитися на вивченні принципу роботи, умов експлуатації та технічних характеристиках механічних, струминних і сорбційних насосів, теплових й іонізаційних вакуумметрів, мас-спектрометрів. Необхідно також розглянути класифікацію й конструкції вакуумних з'єднань, запірно-регулюючої апаратури, конструкційних елементів вакуумних установок.

На останньому етапі освоєння спецкурсу необхідно ознайомитись з питаннями підготовки поверхні вакуумних систем для роботи в умовах вакууму, течошукання, випробування вакуумних насосів і агрегатів, вакуумної гігієни, експлуатації вакуумних систем.

1 Основні терміни і визначення

1.1 Загальні поняття

Вакуум – стан газу, при якому його тиск нижче за атмосферний.

Граничний залишковий тиск – найменший тиск, що може бути досягнутий за визначених умов конкретними пристроями для відкачки.

Форвакуум – вакуум, що створюється насосом нижчого вакууму при послідовній роботі кількох насосів.

Відкачка – зменшення молекулярної концентрації газу за допомогою пристроїв, що видаляють або поглинають газ.

Натікання – проникнення газу з навколишнього середовища до відкачуваної посудини.

Газовиділення – виділення газу з матеріалу у вакуум.

Знегажування – операція навмисного видалення газу з матеріалу.

Залишковий газ – газ, що залишився у вакуумній системі після відкачки.

Течія газу – переміщення газу в трубопроводі під дією різниці тисків або температур на його кінцях.

Молекулярна течія – течія газу, при якій середня довжина вільного пробігу молекул більша або порівнянна з мінімальними розмірами елемента вакуумної системи.

В'язкісна течія – ламінарна течія, в якій визначальну роль відіграють в'язкісні сили.

Зворотний потік пари робочої рідини – переміщення пари робочої рідини у зворотному від напрямку відкачки напрямку.

Густина газу – маса одиниці об'єму газу.

Парціальна густина газу – густина, яку мав би газ, що входить до газової суміші, якби з неї були видалені інші гази, за умови зберігання початкових об'єму і температури.

Молекулярна концентрація газу – число молекул газу в одиниці об'єму.

Тиск газу – нормальна складова сили, з якою газ діє на одиницю поверхні, що його оточує.

Абсолютний тиск газу – тиск газу, що відлічується від нульового.

Парціальний тиск газу – тиск, що створюється хімічно індивідуальним газом, який утримується в газовій суміші. Парціальний тиск газу дорівнює тиску, що чинив би цей газ, якби з об'єму, що займає газова суміш, були видалені інші гази, за умови зберігання початкових об'єму та температури.

Атмосферний тиск – абсолютний тиск атмосфери.

Нормальний стан газу – стан газу за нормальних умов: тискові 101 325 Па (760 мм рт. ст.) і температури 273°K (0°С).

Довжина вільного пробігу частинки – довжина пробігу частинки між двома послідовними зіткненнями з іншими частинками.

Середня довжина вільного пробігу частинок – середнє арифметичне значення довжин вільного пробігу частинок.

Ефективна довжина вільного пробігу частинок – відношення середньої довжини вільного пробігу частинок до вірогідності здійснення певного процесу (явища) в результаті одного зіткнення.

Розріджений газ – газ із молекулярною концентрацією, нижчою за його концентрацію за нормальних умов.

Коефіцієнт захоплення – відношення числа молекул, захоплених поверхнею, до загального числа молекул, що потрапляють на цю поверхню (коефіцієнт прилипання).

Коефіцієнт акомодатії – відношення енергії, дійсно одержаної молекулами газу від твердого тіла, до енергії, яку вони б одержали, якби при ударі встановилася температурна рівновага між твердим тілом і відбитими від нього молекулами газу (пари).

Умовний прохід – діаметр прохідного перетину елемента вакуумної системи, що визначає стикувальні розміри за чинними стандартами.

Герметичність вакуумної системи – властивість елементів вакуумних систем та їхніх з'єднань забезпечувати настільки мале проникнення газу крізь них, щоб ними можна було знехтувати в робочих умовах.

1.2 Вакуумні системи та їхні елементи

Вакуумна система – сукупність пристроїв для створення вакууму, приладів для вакуумних вимірювань, а також посудин та трубопроводів, що їх зв'язують.

Вакуумна установка – установка, що складається з вакуумної системи та пристроїв, що забезпечують її діяльність.

Вакуумний агрегат – вакуумна установка, що конструктивно виконана як єдине ціле.

Відкачний пост – вакуумна установка, призначена для відкачки, наповнення і тренування виробів.

Елемент вакуумної системи - прилад, збірна одиниця або деталь якої призначені для виконання певних функцій у вакуумній системі.

Камера, що відкачується – об'єм, що відкачується, і в якому створюється вакуум, необхідний для різноманітних технологічних процесів.

Захисний балон – посудина, призначена для оберігання елементів вакуумних систем від потрапляння в них сторонніх тіл.

Зрівняльний балон – посудина, призначена для вирівнювання коливань тиску у вакуумній системі.

Вакуумний трубопровід - трубопровід, яким переміщується розріджений газ у вакуумній системі.

Форвакуумний трубопровід – вакуумний трубопровід, що служить для приєднання вакуумної системи до форвакуумного насосу.

Байпасний трубопровід – вакуумний трубопровід, призначений для відкачки посудини в обхід високовакуумного насосу та арматури великих прохідних перетинів.

Гребінка – трубка з рядом паростків, призначена для приєднання кількох відкачуваних посудин.

Вакуумний шлюз – пристрій для введення у вакуумну систему або видалення з неї різноманітних об'єктів без порушення вакууму.

Вакуумне мастило – ущільнювач у вигляді в'язкої речовини з низьким тиском пари, що застосовується у рухливих з'єднаннях вакуумних систем.

Вакуумна замазка – ущільнювач у вигляді пластичної речовини з низьким тиском пари, що застосовується у розбірних нерухомих з'єднаннях вакуумної системи, а також для замазування течії.

Шліф – сукупність двох пришліфованих поверхонь, що забезпечує герметичне з'єднання елементів вакуумної системи.

Вакуумний шланг – гнучка трубка, яка не деформується під дією атмосферного тиску і служить для з'єднання окремих елементів вакуумної системи.

Вакуумний клапан – пристрій, що дозволяє регулювати або цілком припиняти потік газу у вакуумній системі.

Вакуумний затвор – вакуумний клапан, що дозволяє з'єднувати і роз'єднувати елементи вакуумної системи.

Вакуумний кран – вакуумний клапан, зміна провідності в якому здійснюється обертанням навколо своєї вісі деталі конічної або циліндричної форми з одним або кількома проходами.

Натікач – вакуумний клапан, що дозволяє регулювати і встановлювати малі потоки газу.

Напускний клапан - вакуумний клапан, призначений для напуску повітря або газу в вакуумну систему до атмосферного або будь-якого заданого тиску.

Конденсаційна пастка – пристрій для уловлювання пари або газів, дія якого заснована на конденсації пари і газів на внутрішніх поверхнях, що охолоджуються.

Сорбційна пастка – пристрій для уловлювання пари або газів, дія якого заснована на сорбції пари і газів на поверхні сорбенту.

Вихлопний фільтр – пристрій, розташований на стороні вихлопу вакуумного насоса з масляним ущільненням і призначений для очищення вихлопного газу від масляного туману.

1.3 Пристрої для створення вакууму

Вакуумний насос – пристрій, призначений для відкачки з метою одержання вакууму.

Одноступінчатий вакуумний насос – вакуумний насос, у якому перепад тисків створюється дією одного робочого ступеню.

Багатоступінчастий вакуумний насос - вакуумний насос, у якому перепад тисків створюється послідовною дією кількох робочих ступенів.

Форвакуумний насос – вакуумний насос, що забезпечує форвакуум, необхідний для нормальної роботи насоса більш високого вакууму.

Механічний вакуумний насос – вакуумний насос, дія відкачування якого заснована на переміщенні газу внаслідок механічного переміщення робочих частин насосу.

Об'ємний вакуумний насос – механічний вакуумний насос, в якому переміщення газу здійснюється за рахунок періодичної зміни об'єму робочої камери.

Багатопластинчатий вакуумний насос – обертальний об'ємний вакуумний насос, в якому робоча камера створюється корпусом і пластинами в пазах ротора.

Двортаторний вакуумний насос – обертальний об'ємний вакуумний насос, робоча камера якого утворюється корпусом і профільними роторами, що одночасно обертаються.

Вакуумний насос із масляним ущільненням – об'ємний вакуумний насос в якому зазори між вхідним та вихідним патрубками та шкідливі простори ущільнюються вакуумним маслом.

Газобаластовий вакуумний насос – вакуумний насос із масляним ущільненням, обладнаний пристроєм для дозованого напуску газу, що не конденсується, з метою запобігання конденсації відкачуваних парів у насосі.

Відцентровий вакуумний насос – механічний вакуумний насос, дія відкачки якого заснована на передачі газу імпульсу від робочого колеса, що обертається, в радіальному напрямку.

Осьовий вакуумний насос – механічний вакуумний насос, дія відкачки якого заснована на передачі газу імпульсу від робочого колеса, що обертається, в напрямку вісі обертання.

Молекулярний вакуумний насос – механічний вакуумний насос, дія відкачки якого заснована на захопленні молекул газу твердими поверхнями, що безперервно рухаються.

Турбомолекулярний вакуумний насос – молекулярний вакуумний насос, в якому робочі канали ротора і статора утворені похилими прорізами або пластинами, подібними до пластин колеса осьової турбіни.

Струминний вакуумний насос – вакуумний насос, дія якого заснована на захопленні газу, що видаляється, струменем рідини, пари або газу.

Ежекторний насос – низьковакуумний пароструминний насос, у якому відбувається турбулентно-в'язкісне захоплення газу струменем пари масла.

Бустерний насос – середньовакуумний пароструминний насос, у якому захоплення газу струменем відбувається як внаслідок дифузії газу в струмінь, так і внаслідок турбулентно-в'язкісного захоплення газу.

Дифузійний насос – високовакуумний пароструминний насос, у якому захоплення газу струменем відбувається в результаті дифузії газу в струмінь.

Конденсаційний насос – вакуумний насос, у якому відкачка проводиться шляхом конденсації газу на поверхнях, що охолоджуються.

Сорбційний насос – вакуумний насос, у якому відкачка відбувається внаслідок сорбції газу.

Адсорбційний насос – сорбційний насос, у якому відкачка відбувається внаслідок оборотної адсорбції газу при низькій температурі.

Кріонасос – конденсаційний або сорбційний насос із робочими поверхнями, що охолоджуються до наднизьких температур.

Гетерний насос – сорбційний насос, у якому відкачка відбувається переважно внаслідок хемосорбції газу гетером.

Випарний гетерний насос – гетерний насос, у якому поглинаюча поверхня, оновлюється шляхом конденсації на ній термічно випарюваного гетера.

Іонно-гетерний насос – гетерний насос, у якому поряд із хемосорбцією має місце іонізація газу з наступним впровадженням прискорених іонів у поверхню розпиленого гетера.

Магнітний електророзрядний насос – іонно-гетерний насос, у якому для розпилення гетера використовується газовий розряд у магнітному полі.

Комбінований вакуумний насос – комбінація гетерного і магнітного електророзрядного насосів, розміщених у єдиному корпусі.

Вакуумне масло – масло з малим тиском пари, призначене для застосування в механічних і дифузійних вакуумних насосах.

Робоча рідина - речовина (або її пара), що використовується для захоплення відкачуваних газів у струминних (пароструминних) насосах.

1.4 Течошукування

Герметичність - властивість конструкції або матеріалу перешкоджати проникненню крізь них газу, рідини або пари.

Теча - канал або пориста ділянка перегородки, що порушує її герметичність.

Внутрішня течя - канал, що з'єднує внутрішню порожнину, ізольовану при атмосферному тиску в ній, з відкачуванням об'ємом.

Калібрована течя - штучно створена течя, що забезпечує певний потік газу.

Пробна речовина - речовина, проходження якої крізь течу вибірково виявляється течошукачем.

Перекриття течі - тимчасова відсутність впливу або напливу пробної речовини крізь течу внаслідок її засмічення або заповнення вологою.

Межа індикації - найменше або найбільше значення величини, що визначається, яке може бути зафіксоване при заданому способі реалізації методу.

Ступінь герметичності - кількісна характеристика герметичності, виражена в одиницях потоку.

Опресування - спосіб виявлення течі, при якому з одного боку досліджуваного елемента створюється тиск пробної речовини, що перевищує атмосферний.

Обдування - спосіб виявлення течі, заснований на обдуванні відкачаної посудини пробним газом ззовні.

Вакуумний лак - лак із низьким тиском пари після висихання, що застосовується для закриття теч.

Течошукач - прилад для виявлення течі.

Манометричний течошукач - течошукач, дія якого заснована на зміні вихідного сигналу манометра при проникненні пробної речовини крізь течу.

Мас-спектрометричний течошукач - течошукач, дія якого ґрунтується на принципі поділу іонів різних газів за масами.

Галогенний течошукач - течошукач, дія якого ґрунтується на зміні емісії іонів нагрітою металеву поверхнею при потраплянні на неї пробної речовини, що містить галогени.

Калориметричний течошукач - течошукач, дія якого ґрунтується на зміні теплопровідності середовища при проникненні пробної речовини крізь течу.

Іскровий течошукач - течошукач, дія якого ґрунтується на проникненні малопотужного іскрового розряду всередину відкачуваної скляної посудини крізь течу.

1.5 Розрахункові поняття вакуумної техніки

Швидкість відкачування - об'єм газу при даному тискові, що відкачується за одиницю часу.

Час відкачки - час, необхідний для зниження тиску в відкачуваній посудині до визначеного значення насосом конкретного типу або виду.

Провідність елемента вакуумної системи - відношення потоку газу, що проходить крізь елемент вакуумної системи, до різниці тисків на його кінцях.

Опір елемента вакуумної системи - величина, обернена провідності елемента вакуумної системи.

Продуктивність вакуумного насоса - витрата газу у вхідному перетині насоса при даному тискові.

Швидкість дії вакуумного насоса - швидкість відкачки, що одержана у вхідному перетині насоса при його роботі.

Ефективна швидкість дії вакуумного насоса - швидкість відкачки, що забезпечується насосом на кінці трубопроводу, приєднаного до відкачуваної посудини.

Найбільший робочий тиск вакуумного насоса - найбільший тиск у вхідному перетині вакуумного насоса, при якому насос тривалий час зберігає номінальну швидкість дії.

Найбільший випускний тиск вакуумного насоса - найбільший тиск у вихідному перетині вакуумного насоса, при якому насос ще може здійснювати відкачку.

Найбільший тиск запуску вакуумного насоса - найбільший тиск у вхідному перетині вакуумного насоса, при якому насос може почати роботу.

Час утворення мономолекулярного шару у вакуумі - час, необхідний для утворення

мономолекулярного шару на поверхні, що знаходиться у вакуумі.

2 Перелік лабораторних робіт та графік їх виконання

При вивченні спецкурсу «Основи фізики вакууму та вакуумних технологій» передбачено виконання 3 розрахункових, 10 лабораторних і 1 індивідуальної робіт, теми яких приведені в табл.2.1.

Таблиця 2.1 - Тематика лабораторних і розрахункових робіт

№ роб.	Тема
Розрахункові роботи	
1	Основи молекулярно-кінетичної теорії газів
2	Явища переносу та сорбційні явища
3	Теча розріджених газів
Лабораторні роботи	
1	Механічні вакуумні насоси з масляним ущільненням
2	Пароструминні дифузні насоси
3	Кріосорбційні насоси
4	Сублімаційні гетерні та іонно-сорбційні насоси
5	Теплові манометричні перетворювачі
6	Іонізаційні манометричні перетворювачі
7	Вимірювання парціальних тисків
8	Вакуумні герметичні сполуки
9	Елементи конструкцій вакуумних систем
10	Типові схеми вакуумних установок. Одержання вакууму
Індивідуальне завдання	
1	Матеріали вакуумних систем