



*До 60-річчя Сумського
державного університету*

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
з курсу «Вакуумна техніка»
для студентів спеціальностей
6.090802 – «Електронні прилади і пристрої» та
6.090804 – «Фізична та біомедична електроніка»
денної форми навчання

Суми
Вид-во СумДУ
2010

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу
«Вакуумна техніка» / Укладачі: І.Ю.Проценко, І.О.Шпетний. - Суми:
Вид-во СумДУ, 2010.

Кафедра прикладної фізики

Лабораторна робота №1

Вивчення будови вакуумного поста ВУП-5М

Мета роботи: ознайомлення з призначенням, конструкцією, технічними характеристиками та принципом роботи вакуумного поста ВУП-5М в цілому та окремих його конструкційних елементів.

Загальна інформація. Вакуумний універсальний пост ВУП—5М призначений для одержання плівок із різних матеріалів методами термічного, магнетронного та електронно-променевого розпилення, а також для підготовки об'єктів, які вивчаються за допомогою електронного мікроскопа або інших аналітичних приладів. Прилад може бути використано для досліджень у фізиці, хімії, біології, медицині та інших галузях науки і техніки.

1. Конструкція та технічні характеристики установки ВУП-5М:

Будь-яка вакуумна установка складається з:

1. робочого об'єму, де необхідно створити розрідження (вакуум);
2. відкачних засобів - насосів, які створюють це розрідження;
3. приладів для вимірювання величини розрідження - вакууметрів.

Робочий об'єм повинен відповідати вимогам, що висуває технологічний процес, для якого призначена установка і мати можливість для кріплення в середині вакуумної камери вакуумметричних приладів.

Для отримання високого вакууму найчастіше використовується комбінація механічного форвакуумного насоса з масляним ущільненням та паромасляного дифузійного насоса. Потужність насосів підбирається в залежності від розмірів робочого об'єму.

Розглянемо конструкцію універсального вакуумного поста ВУП-5М (рис.1). Прилад виготовлений одним стояком, в якому розміщено: робочий об'єм 1, блок керування та контролю 2, пульт дистанційного керування 3, блоки живлення пристроїв та приставок 4, вакуумна система приладу: форвакуумний насос 5, високовакуумний насос 6, форвакуумний балон 7.

В установці ВУП-5М для відкачування системи на форвакуум використовується пластинчасто-роторний насос 2НВР-5ДМ, а для відкачування на високий вакуум застосовується паромасляний дифузійний насос НВДМ-160.

У таблиці 1 приведено основні технічні характеристики установки ВУП-5 М.

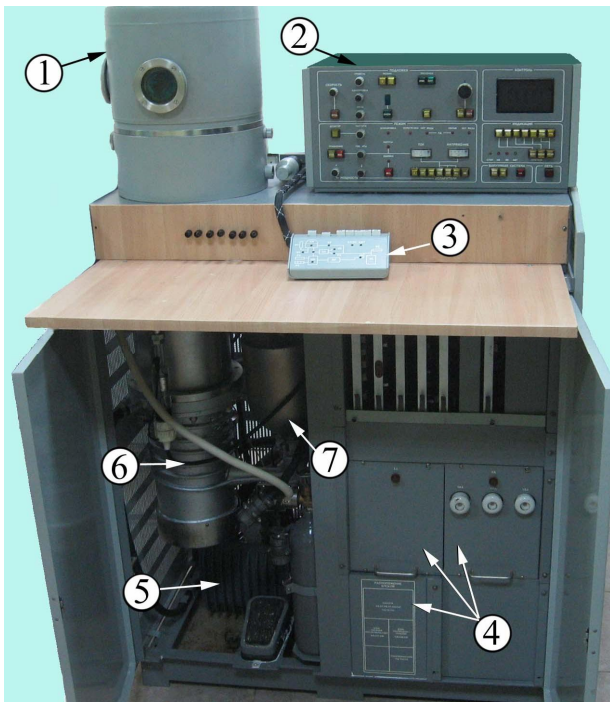


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд вакуумного універсального поста ВУП – 5М:

- 1 – робочий об'єм;
- 2 - блок керування та контролю;
- 3 - пульт дистанційного керування;
- 4 – форвакуумний насос;
- 5 – високовакуумний насос;
- 6 – форвакуумний насос

Таблиця 1 - Технічні характеристики поста ВУП-5М

Характеристика		Величина
Граничний залишковий тиск при охолодженні уловлювача рідким азотом, Па		$1,3 \times 10^{-5}$
Граничний залишковий тиск, при охолодженні уловлювача водою, Па		$1,3 \times 10^{-4}$
Живлення установки	напруга, В	220/380
	частотою, Гц	50
Споживана потужність без приставок, кВт		1,9
Максимальна споживана потужність, кВт, не більше		5
Маса приладу, кг		300
Розміри поста, мм, не більше	довжина	540
	ширина	910
	висота	1550

Схема вакуумної системи приладу зображена на рисунку 2. Вакуумна система складається з форвакуумного насоса NL, паромасляного дифузійного насоса ND, форвакуумного балона BF, робочого об'єму CN, високовакуумного затвора V4, термопарних вакуумметрів P1, P2, P4 типу ПМТ-2 або ПМТ-4 та іонізаційного вакуумметра P3 типу ПМІ—2, вакуумпроводів (на схемі вони зображені лініями), вакуумних клапанів V1, V5, V6, V7, V8.

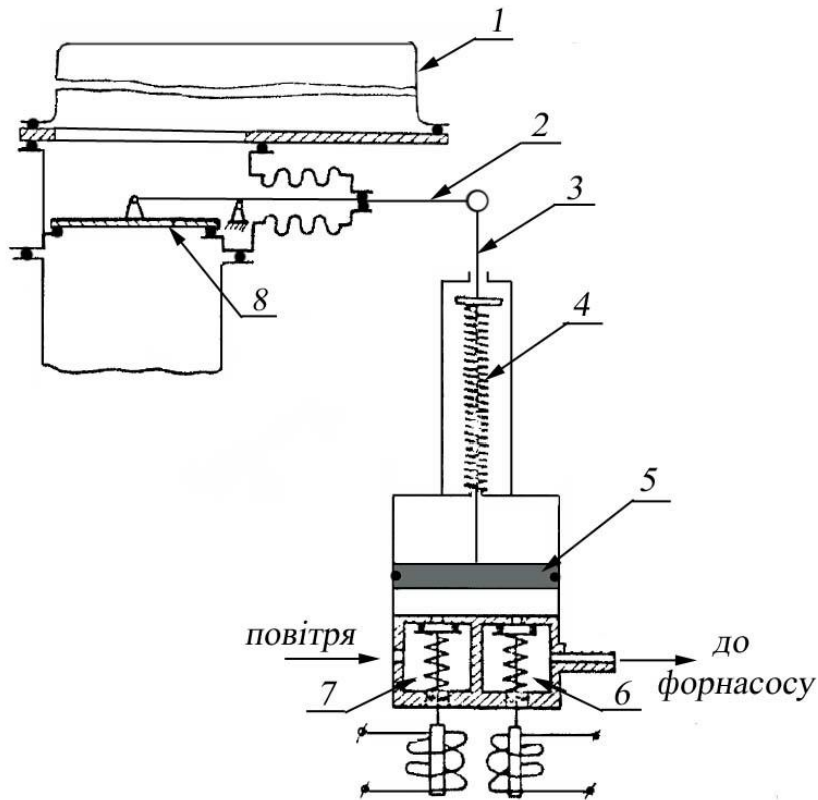


Рисунок 3 – Схема високовакуумного затвора:

- 1 – вакуумпровід під'єднання паромасляного дифузійного насосу до робочого об'єму;*
- 2 – важіль;*
- 3 – тяга;*
- 4 – пружина;*
- 5 – плунжер;*
- 6 – електромагнітний клапан для відкачування привода на форвакуум;*
- 7 – електромагнітний клапан для напуску повітря у привід;*
- 8 – пластина*

2. Порядок роботи на установці:

Перед роботою необхідно ознайомитись із конструкцією установки та інструкцією з експлуатації. Прилад може експлуатуватись однією людиною, але у приміщенні повинна знаходитися ще хоча б одна людина, що знайома із правилами техніки безпеки.

Вакуумна система може працювати у ручному та автоматичному режимах, тобто комутація вакуумної системи при відкачуванні об'єму до тиску $1,3 \times 10^{-4}$ Па може відбуватись під керівництвом оператора або без нього.

Перед початком роботи з установкою ВУП – 5М слід запам'ятати основні правила роботи, яких необхідно дотримуватись під час експлуатації будь-якої вакуумної системи:

- паромасляний дифузійний насос не може працювати без охолодження;
- паромасляний дифузійний насос може працювати лише разом із форвакуумним насосом;
- забороняється відкривати клапан напуску повітря V1 при відкритому високовакуумному затворі V4;
- забороняється одночасно відкривати клапан відкачування форбалона V8 і клапан відкачування камери на попередній вакуум V7.

Автоматичний режим роботи вакуумного універсального посту ВУП-5М

2.1 Порядок вмикання установки в автоматичному режимі:

- 2.1.1 Забезпечити охолодження установки, відкривши водопровідний кран.
- 2.1.2 Перевірити положення кнопок на пульті дистанційного керування вакуумною системою. Всі кнопки (крім кнопки «РУЧН.») повинні бути відтиснені.
- 2.1.3 Натиснути кнопку «СЕТЬ» на пульті керування, при цьому повинна спалахнути лампочка під кнопкою.
- 2.1.4 Кнопкою «НФ» на пульті керування привести в дію механічний насос. Необхідно, щоб він деякий час попрацював «сам на себе». Тиск контролюється лампою Р2. Відкачувати потрібно до тиску 5-10 Па (до 3 мВ за показами цифрового індикатора на пульті керування).
- 2.1.5 Відтиснути кнопку «РУЧН.» на виносному пульті. Повинна засвітитися лампочка сигналізації «АВТ». Через 1 год. 30 хв. прилад готовий до роботи.
- 2.1.6 Щоб відкрити робочий об'єм, треба натиснути кнопку «НВ» на пульті керування або на пульті дистанційного керування.
- 2.1.7 Після підготовки об'єктів, робочий об'єм треба закрити і відтиснути кнопку «НВ». Прилад в автоматичному режимі буде відкачуватись до високого вакууму.

2.2 Порядок вимкнення установки в автоматичному режимі:

- 2.2.1 Закрити робочий об'єм, відтиснути кнопку «НВ», відкачати робочий об'єм на вакуум.

- 2.2.2 Натиснути кнопку «СТОП». Через 25-30 хв. повинна засвітитися лампочка «СТОП».
- 2.2.3 Вимкнути форнасос, відтиснувши кнопку «НФ».
- 2.2.4 Відключити прилад від мережі.
- 2.2.5 Закрити воду.

Ручний режим роботи вакуумного універсального посту ВУП-5М

2.3 Порядок вмикання установки в ручному режимі:

Під час роботи установки в ручному режимі перші чотири дії, що зазначені у п. 2.1, залишаються без змін, а далі треба працювати дотримуючись наступної схеми:

- 2.3.5 Натиснути кнопку «БФ» на виносному пульті. При цьому форвакуумний насос відкачує форвакуумний балон і паромасляний дифузійний насос. Тиск контролюється лампою Р4. Відкачувати необхідно до тиску 5—10 Па (до 3 мВ за показами цифрового індикатора на пульті керування).
- 2.3.6 Натиснути кнопку «НД» на виносному пульті. При цьому вмикається нагрівач паромасляного насоса. Час виходу насоса «на режим» складає 30-40 хв.
- 2.3.7 Відкачати робочий об'єм на попередній вакуум, натиснувши кнопку «ПВ». Залишковий тиск контролюється лампою Р1. Відкачувати необхідно до 5—10 Па (до 3 мВ за показами цифрового індикатора на пульті керування).
- 2.3.8 Натиснути кнопку «ВВ» на пульті дистанційного керування. При цьому закриється клапан для відкачки робочого об'єму на попередній вакуум та відкриється високовакуумний затвор і робочий об'єм буде відкачуватись на високий вакуум. Залишковий тиск контролюватиметься іонізаційною лампою Р3. Для її ввімкнення необхідно натиснути кнопку 10^{-5} або 10^{-7} на пульті керування. На цифровому індикаторі пульта керування висвітяться покази залишкового тиску в паромасляному насосі (в мм.рт.ст.). Користуватися іонізаційною лампою можна тільки після того, як покази лампи Р1 перестануть змінюватися.
- 2.3.9 Щоб відкрити робочий об'єм, треба натиснути кнопку «НВ» на пульті керування або пульті дистанційного керування.
- 2.3.10 Після підготовки об'єктів, робочий об'єм необхідно закрити і виконати дії, зазначені у пунктах 2.3.7. та 2.3.8.

2.4 Порядок вимкнення установки в ручному режимі:

- 2.4.1 Відкачати робочий об'єм на вакуум.

- 2.4.2 Натиснути кнопку «БФ» на пульті дистанційного керування. При цьому закриється високовакуумний затвор і відключиться паромасляний дифузійний насос.
- 2.4.3 Через 20-30 хв. відтиснути кнопку «БФ» легким натисканням на сусідню кнопку.
- 2.4.4 Вимкнути форнасос, відтиснувши кнопку «НФ».
- 2.4.5 Відключити установку від мережі, відтиснути кнопку «СЕТЬ».
- 2.4.6 Закрити воду.

Примітки:

1. Для контролю тиску необхідно натиснути відповідну кнопку (P1, P2 або P4) зони «ИНДИКАЦИЯ».
2. Під час відкривання електромагнітного клапана повинна засвітитися відповідна лампочка на схемі вакуумної установки, розміщеній на пульті дистанційного керування, та пролунати характерний звук.

3. Порядок виконання лабораторної роботи:

Перед виконанням лабораторної роботи необхідно опрацювати методичні вказівки та, скориставшись відповідною літературою, ознайомитись із принципом дії, конструкцією та характеристиками механічних вакуумних насосів із масляним ущільненням, паромасляних дифузійних насосів, електромагнітних клапанів, уловлювачів, технікою вимірювання вакууму.

3.1 Виконання лабораторної роботи

Завдання до виконання лабораторної роботи:

3.1.1 Ввести в дію установку в ручному режимі відповідно до переліку вимог, описаних у п. 2.3.

3.1.2 Під час виконання роботи необхідно знімати покази вакуумметричних приладів та записувати їх до таблиці з метою визначення залежності тиску залишкових газів від часу.

3.1.2.1 З моменту відкривання клапана V8 до повної готовності (виходу «на режим») паромасляного дифузійного насоса знімати покази лампи P4 через кожні 0,5 хв і заносити їх до таблиці 2:

Таблиця 2 – Залежність залишкового тиску в об'ємі дифузійного насоса від часу відкачування

Час, хв.	0	0,5		
Термо ЕРС, мВ				
Тиск, Па				

3.1.2.2. З моменту відкриття клапана V7 через кожні 0,5 хв. знімати покази лампи P1 і заносити їх до таблиці 3. Покази знімати до того часу, поки змінюється термо ЕРС даної лампи:

Таблиця 3 – Залежність залишкового тиску в робочому об'ємі від часу відкачування, виміряний термопарною лампою P1

Час, хв.	0	0,5		
Термо ЕРС, мВ				
Тиск, Па				

3.1.2.3. Коли покази лампи P1 не будуть змінюватися, ввімкнути іонізаційну лампу P3. Покази знімати і записувати до таблиці 4 з інтервалом 1 хв. доки робочий об'єм не буде відкачаний до граничного тиску.

Таблиця 4– Залежність залишкового тиску в робочому об'ємі від часу відкачування, виміряний іонізаційною лампою P3

Час, хв.	0	1		
Тиск, Па				

3.1.3. Визначити граничний тиск, досягнутий у відкачуваному об'ємі.

3.1.4. Вимкнути лабораторну установку відповідно до переліку вимог, описаних у п. 2.4.

3.2 Обробка результатів

3.2.1 Побудувати графік залежності тиску від часу в паромасляному дифузійному насосі та в робочому об'ємі $P=f(t)$.

3.2.2 Порівняти одержаний тиск із технічними характеристиками установки та паромасляного насоса.

4. Зміст звіту:

1. Назва та мета лабораторної роботи.
2. Конспект теоретичного матеріалу.
3. Схема вакуумної системи установки.
4. Порядок роботи на установці в ручному та автоматичному режимах.
5. Завдання до роботи.

6. Експериментальні таблиці та графіки.
7. Висновки по роботі.

5. Контрольні запитання:

1. Конструкція, технічні характеристики та призначення вакуумного універсального поста ВУП—5М.
2. Призначення основних елементів типової вакуумної установки.
3. Чому при досягненні граничного тиску швидкість відкачування робочого об'єму падає до нуля?
4. Які режими течії газу реалізуються при відкачуванні газів?
5. Порядок роботи в ручному та автоматичному режимах.
6. Зобразити схему вакуумної системи установки ВУП-5М.

6. Література:

1. Грошковский Я. Техника высокого вакуума. – М.: Мир, 1975.-265 с.
2. Кучеренко Е.Т. Справочник по физическим основам вакуумной техники. К.: Вища школа, 1981.–264с.
3. Эшбах Г.Л. Практические сведения по вакуумной технике. М.: Энергия, 1966.–296 с.
4. Королев Б.И. Основы вакуумной техники.–М.: Энергия, 1981.–416 с.