

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7

Штучна вентиляція легенів та апарат для її забезпечення

Мета: Ознайомитись з методами респіраторної підтримки дихання, класифікацією апаратів штучної вентиляції легенів (ШВЛ), а також вивчити будову та принцип дії апарату ШВЛ.

Обладнання: апарат для штучної вентиляції легенів «МЛАДА».

1.1 Теоретична частина

1.1.1 Методи респіраторної підтримки дихання

Респіраторна підтримка – це комплекс механічних методів, призначених для часткового або повного заміщення системи зовнішнього дихання людини. Основні методи респіраторної підтримки можна поділити на дві групи: штучна та допоміжна вентиляція легенів.

Штучною вентиляцією легенів (ШВЛ) називають забезпечення газообміну між повітрям (або спеціальною сумішшю) та альвеолярним простором легенів штучним способом. ШВЛ ще називають керованою механічною вентиляцією легенів, оскільки дихання пацієнта при її проведенні не допускається.

ШВЛ проводиться, як правило, в два способи. Перший спосіб проведення ШВЛ – вдування – здійснюється шляхом подачі газової суміші безпосередньо в верхні дихальні шляхи; другий – зовнішній – у результаті зовнішнього впливу на стінки грудної порожнини: грудну клітину або діафрагму.

ШВЛ методом вдування можна поділити на два основних типи: **вентиляцію з додатнім тиском**, тобто з активним вдихом та пасивним видихом, та **вентиляцію з додатньо-від'ємним тиском**, тобто з активним вдихом і активним видихом.

Допоміжною вентиляцією легенів (ДВЛ) називають механічну підтримку заданого (або нижче заданого) рівня дихального об'єму або

хвилинного об'єму вентиляції при одночасному диханні хворого. Основною умовою проведення допоміжної вентиляції є досягнення синхронізації дихання хворого та роботи апарату.

1.1.2 Апарати для респіраторної підтримки

Для проведення респіраторної підтримки використовують апарати ШВЛ. У залежності від способу ці апарати поділяються на два види: апарати зовнішнього та внутрішнього впливу.

Випуск апаратів зовнішнього впливу припинено, оскільки вони малоефективні та громіздкі. У таких апаратах складно контролювати температуру та вологість газу, який вдихається.

Апарати ШВЛ внутрішнього впливу під час вдиху вдувають газ в легені пацієнта через верхні дихальні шляхи.

За видом енергії, яка необхідна для роботи апарату, апарати ШВЛ можна поділити на наступні типи:

- апарати з пневматичним приводом, у яких джерелом енергії служить зріджений газ, що поступає від зовнішнього або вбудованого джерела та використовується як для подання пацієнту, так і для роботи системи керування;

- апарати з електроприводом від зовнішнього джерела енергії;

- апарати з ручним приводом (апарати з ножним приводом з'являлися, але поширення не отримали), у яких використовується мускульна енергія оператора;

- апарати з комбінованим приводом, в яких енергію для вдування газу отримують від джерела зріджених газів, а керування апаратом здійснюється від електромережі.

За типом перемикання фаз дихального циклу апарати класифікують таким чином:

- апарати з перемиканням за тиском, де вдих змінюється видихом внаслідок досягнення заданого тиску в певній точці пневмосхеми апарату;

- апарати з перемиканням за об'ємом, де видих настає внаслідок подання пацієнтові заданого об'єму газу;

- апарати з перемиканням за часом, де вдих змінюється на видих після закінчення заданого інтервалу часу.

Є окремі апарати, у яких видих починається внаслідок зниження швидкості вдування газу до визначеної величини. Проте цей метод не дуже зручний, оскільки швидкість вдування безпосередньо не пов'язана з основними параметрами ШВЛ і тому не забезпечується незалежна установка і стабільна підтримка цих параметрів.

Знаходять деяке застосування апарати ШВЛ з перемиканням фаз дихального циклу вручну оператором.

Апарати ШВЛ класифікуються також за **видом дихального контуру**, який використовується. Існують моделі з реверсивним контуром, які використовують під час інгаляційного наркозу, та з аверсивним контуром, з будь-яким дихальним контуром.

Поділяють апарати ШВЛ на автономні та неавтономні, з автоматичним (із застосуванням замкнутих контурів) і неавтоматичним керуванням; апарати з генератором вдиху постійного або змінного потоку.

1.2 Будова апарату для штучної вентиляції легенів

1.2.1 Призначення апарату

Апарат призначений для проведення штучної керованої (далі просто штучної вентиляції легенів) та допоміжної вентиляції легенів у новонароджених та немовлят в клінічній практиці та умовах швидкої допомоги.

Апарат «МЛАДА» забезпечує:

- проведення штучної вентиляції легенів киснем, повітрям та киснево-повітряною сумішшю;
- проведення вентиляції легенів з активним вдихом та активним видихом або з активним вдихом та пасивним видихом;

- проведення допоміжної вентиляції легенів в режимі зі слабким диханням пацієнта;
- проведення непрямой керованої подачі газу (інгаляції);
- проведення інгаляційного наркозу по напіввідкритому контуру.

1.2.2 Технічні характеристики апарату

Технічні характеристики апарату для штучної вентиляції легенів «МЛАДА» представлені в таблиці 7.1

Таблиця 7.1 Технічні характеристики «МЛАДА»

Плавне регулювання частоти дихальних циклів, 1/хв	від 20 до 80
Плавне регулювання відношення часу видиху ($T_{вид}$) до часу вдиху ($T_{вд}$)	від 3 до 1,5
Плавне регулювання імпульсної вентиляції, л/хв	0 до 8
Вміст повітря в газовій суміші при проведенні ШВЛ газовою сумішшю	50-15%
Плавне регулювання розрідження дихальних шляхів при проведенні ШВЛ з активним видихом, КПа	0-0,4
Плавне регулювання чутливості при спробі вдиху при роботі в режимі допоміжної вентиляції, КПа	від -0,05 до -0,2
Плавне регулювання часу очікування за шкалою вдиху при роботі в режимі допоміжної вентиляції, с	від 2 до 15
Максимальний тиск вдиху, КПа	не більше 5,5
Регулювання подачі газу пацієнту (режим інгаляція)	безперервне
Тиск балону з киснем або пневмомережі, МПа	0,4±0.05
Витрата газу на роботу апарату при хвилинній інгаляції, рівній нулю, мл/хв	не більше 7
Маса апарата с комплектом приладдя, кг	не більше 10
Габаритні розміри, мм	400x340x210

1.2.3 Структурна схема апарату

Блок-схема приладу показана на рис.7.1. Блок живлення призначений для зниження вхідного тиску апарату з 0,4 до 0,14 МПа, його контролю та розподілу на окремі блоки.

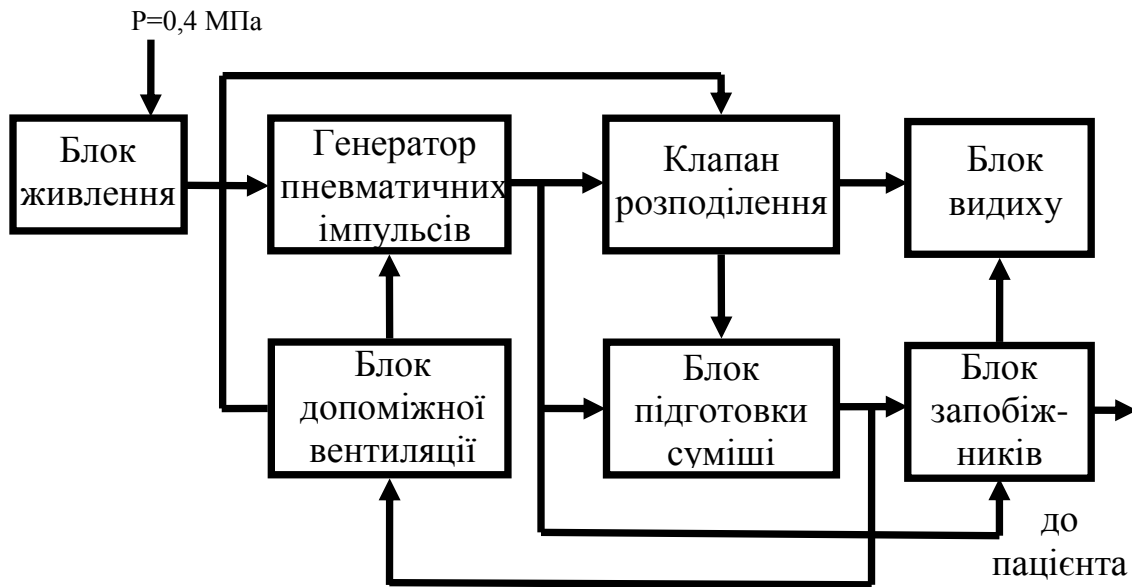


Рисунок 7.1 Структурна схема апарату для штучної вентиляції легенів «МЛАДА»

Контроль тиску здійснюється манометром. Генератор пневматичних імпульсів призначений для формування циклічних пневматичних сигналів з визначеними часовими параметрами, що керують клапаном розподілу газового потоку «вдих-активний видих» та блоком газової суміші для вентиляції.

Клапан розподілу газового потоку «вдих-активний видих» керується імпульсами від генератора та призначений для формування двох потоків газу, що потрапляють на блоки активного видиху 4 та підготовки газової суміші для вентиляції в протифазі. Тривалість газових потоків визначається тривалістю тактів генератора імпульсів.

Блок підготовки газової суміші здійснює регулювання величини витрат газу, вибір типу вентиляції – чистим киснем чи газовою сумішшю – та змішує кисень з повітрям чи анестезуючою речовиною в заданих відсотках.

Блок активного видиху призначений для викиду газу, який видихає пацієнт, з дихальних шляхів через штуцер (підсос) в атмосферу.

Блок допоміжної вентиляції забезпечує керування генератором імпульсів в режимі допоміжної вентиляції при спробі пацієнта самостійно дихати.

Блок запобіжників містить запобіжні клапани тиску та розрідження. Також він містить перемикаючий пристрій, який за командою від

генератора імпульсів з'єднує дихальні шляхи пацієнта з лінією вдиху апарату або лінією видиху.

1.2.4 Зовнішній вигляд приладу та його робота

Зовнішній вигляд апарату для ШВЛ представлений на рис.7.2.

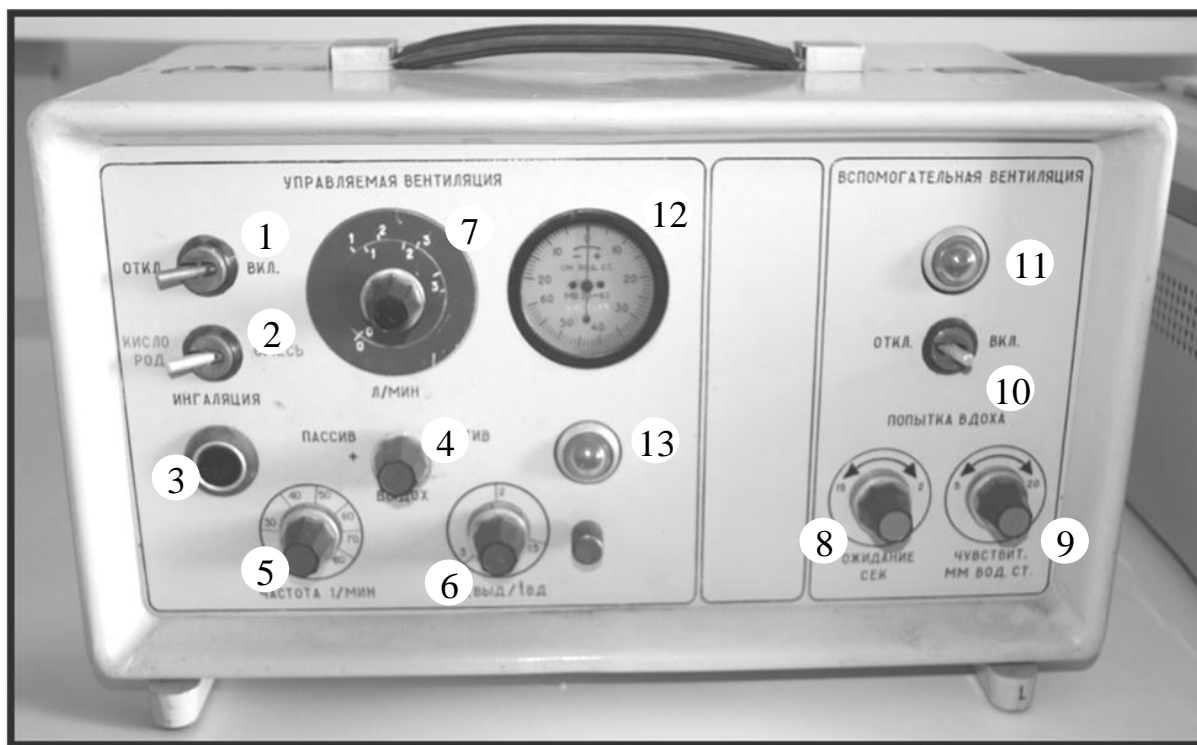


Рисунок 7.2 Зовнішній вигляд апарату штучної вентиляції легенів «МЛАДА»:

1 – тумблер ввімкнення апарату; 2 – тумблер вибору вмісту газу, який подається пацієнту «КИСЛОРОД» або «СМЕСЬ»; 3 – кнопка ввімкнення безперервної регульованої подачі газу пацієнту: «ИНГАЛЯЦИЯ»; 4 – ручка плавного регулювання тиску видиху «ВЫДОХ» з вказаним напрямком обертання для отримання активного та пасивного, або видиху з додатнім тиском; 5 – ручка плавного регулювання частоти дихальних циклів «ЧАСТОТА»; 6 – ручка плавного регулювання відношення часу видиху до часу вдиху « $T_{\text{вид}}/T_{\text{вд}}$ »; 7 – ручка плавного регулювання вентиляції «ВЕНТИЛЯЦИЯ». Регулювання вентиляції киснем задається по синій шкалі (внутрішня), сумішшю – по червоній шкалі (зовнішня); 8 – ручка плавного регулювання часу очікування спроби вдиху пацієнта при роботі в режимі допоміжної вентиляції «ОЖИДАНИЕ»; 9 – ручка плавного регулювання чутливості апарату до спроби вдиху пацієнта при роботі в режимі допоміжної вентиляції «ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ»; 10 – тумблер ввімкнення режиму допоміжної вентиляції; 11 – індикатор спроби вдиху при роботі допоміжної вентиляції; 12 – мановакууметр для контролю тиску; 13 – індикатор роботи апарату для візуального контролю частоти дихальних циклів та відношення часу видиху до часу вдиху

Джерело енергії та вихідні шланги приєднуються з бокових сторін апарату. Зовнішній вигляд бокових сторін показаний на рис.7.3. Апарат штучної вентиляції легенів «МЛАДА» працює в наступних режимах:

I – керована вентиляція легенів чистим киснем: для цього необхідно на панелі керування (рис.7.2) встановити тумблер 2 в положення «КИСЛОРОД». Ручками 4-7 задати необхідні параметри вентиляції (частоту дихальних циклів, відношення часу видиху до часу вдиху, тиску видиху) та ввімкнути тумблер 1;

II – керована вентиляція легенів киснево-повітряною сумішшю: для цього необхідно на панелі керування (рис.7.2) встановити тумблер 2 в положення «КИСЛОРОД-СМЕСЬ». Ручками 5-7 задати необхідні параметри вентиляції (частоту дихальних циклів, відношення часу видиху до часу вдиху,) та ввімкнути тумблер 1.



Рисунок 7.3 Бокові сторони апарату:

14 – штуцер для підключення живлення «ПИТАНИЕ»; 15 – манометр для контролю тиску живлення; 16 – штуцер підсосу повітря при вентиляції киснево-повітряною сумішшю «ПОДСОС»; 17 – штуцер викиду газу, який видихається при активному видиху. Також тут розміщені штуцера для підключення дихальних шлангів з колодкою, до якої приєднуються конектори

Встановити нульовий або додатній тиск ручкою 4. Встановлений тиск контролюється за допомогою мановакууметру 12. Для проведення вентиляції з активним видихом встановити від'ємний тиск ручкою 4.

III – допоміжна вентиляція легенів: встановити тумблер 2 в необхідну позицію. Ручками 5-9 встановити необхідні параметри вентиляції та ввімкнути тумблер 1. Встановити нульовий або додатній тиск ручкою 4. Встановлений тиск контролюється за допомогою мановакууметру 12. Ввімкнути тумблер допоміжної вентиляції – 10.

IV – безперервна подача газу: встановити ручкою 7 необхідні витрати газу та ввімкнути тумблер 1. Натиснути кнопку 3 «ИНГАЛЯЦИЯ». Потік газу припиниться коли кнопку 3 відпустити.

V – інгаляційний наркоз: встановити тумблер 2 в положення «КИСЛОРОД-СМЕСЬ» та підключити до штуцера 16 випаровувача. Встановити ручками 4-7 необхідні параметри вентиляції та ввімкнути тумблер 1.

1.2.5 Опис пневматичної схеми апарату

Елементи пневматичної схеми апарату представлені на рис.7.4.

Це багаторівнева плата, виготовлена з органічного багат шарового скла з вхідними отворами та каналами між отворами. Для міцності органічне скло піддається значній термічній обробці. На ній розміщені пневматичні елементи, які керують роботою даного апарату. Вони виконують роль перетворювачів, суматорів, вихідних та вхідних сопел, командних пристроїв, перетворювачів, призначення та робота яких більш детально описана в пп.7.2.6.

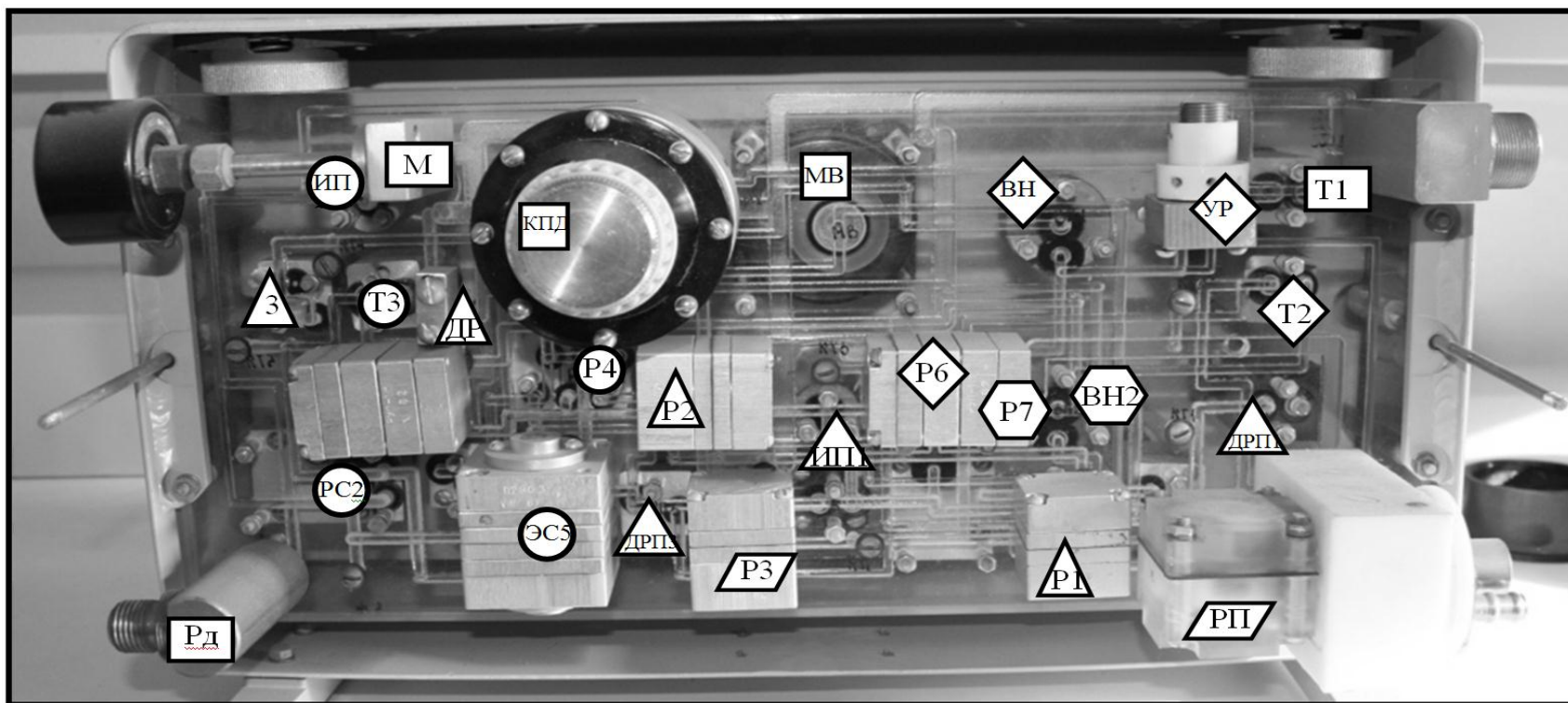


Рисунок 7.4 Вигляд апарату для штучної вентиляції легенів «МЛАДА» без кришки:

– блок живлення (редуктор Рд, тумблер П1Т2 «Т1», манометр «М»); – генератор пневматичних імпульсів (дросель П2Д4 ДР, задатчик П23Д3 З, реле пневматичне П1Р3 «Р2», пневмокнопка П1Кн3 «К», дросель П2Д2М «ДРП1», індикатор ИП1, реле П1Р1 «Р1», дросель П2Д2М «ДРП3»); – клапан розподілення газотоку $R_{\text{дох}}$ – активний видих (реле універсальне РУП 1М «Р7», вентиль «ВН2»); – блок видиху (реле пневматичне РС1, реле пневматичне РНЗ «Р3», клапан «РП3»); – блок допоміжної вентиляції (реле пневматичне П1Р3 «Р4», тумблер П1Т2 «Т3», елемент порівняння П2ЭС3 «ЭС5», реле РС2, індикатор ИП2); – блок підготовки газової суміші для вентиляції (тумблер П1Т2 «Т2», реле універсальне РУП1М «Р6», вентиль «ВН1», пристрій розподільчий «УРП»); – блок запобіжників (клапан запобіжний тиску КВД, мановакууметр МВ)

1.2.6 Опис вузлів та елементів пневматичної схеми

Принцип роботи апарату базується на застосуванні аналогових та дискретних пневматичних елементів. Усі пневматичні елементи та вузли апарату змонтовані на багатошаровій платі з органічного скла (рис.7.4), яка кріпиться до передньої панелі апарату. Плата містить мережу каналів, які забезпечують з'єднання між елементами та вузлами.

Манометр призначений для вимірювання вхідного тиску в системі.

Пневмотумблер типу П1Т.2 (рис.7.5) призначений для ручного формування дискретних сигналів.

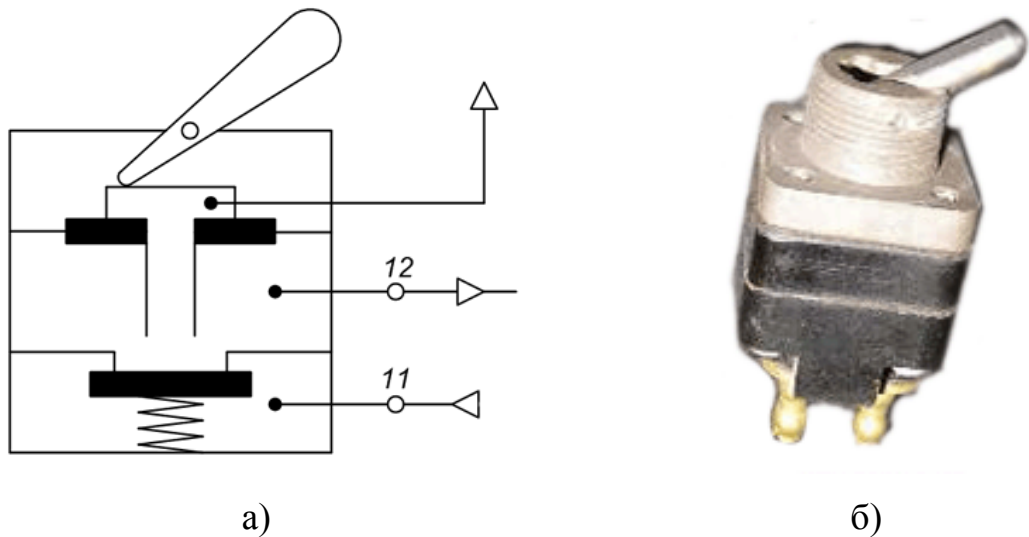


Рисунок 7.5 Пневмотумблер П1Т.2:
а) принципова схема; б) зовнішній вигляд

Пневмотумблер складається з трьох секцій, плоскої гумовотканинної мембрани, жорсткий центр якої має стержень з отвором в центрі, пневмоконтакту «сопло – заслінки», важеля і пружини. Вихід елемента 12 сполучений або з входом 11, або з атмосферою.

У одному фіксованому положенні важеля стержень натискає на заслінку і відкриває пневмоконтакт (при цьому вихід тумблера сполучений з входом).

Редуктор РД призначений для зниження вихідного тиску апарату з 0,4 до 0,14 МПа.

В іншому фіксованому положенні важеля стержень не торкається заслінки, а пружина прижимає заслінку до сопла і закриває пневмоконтакт (при цьому вихід елемента сполучений з атмосферою).

Дросель призначений для створення перепаду тиску. У даній схемі використовуються нерегульовані та регульовані дроселя.

Нерегульований (постійний) дросель типу П2Д.4 призначений для створення опору (перепаду тиску) в пневматичних лініях. Дросель має вигляд капіляру, який виготовлено з нікельованої трубки (рис.7.6,а) з внутрішнім діаметром 0,18 або 0,32 мм.

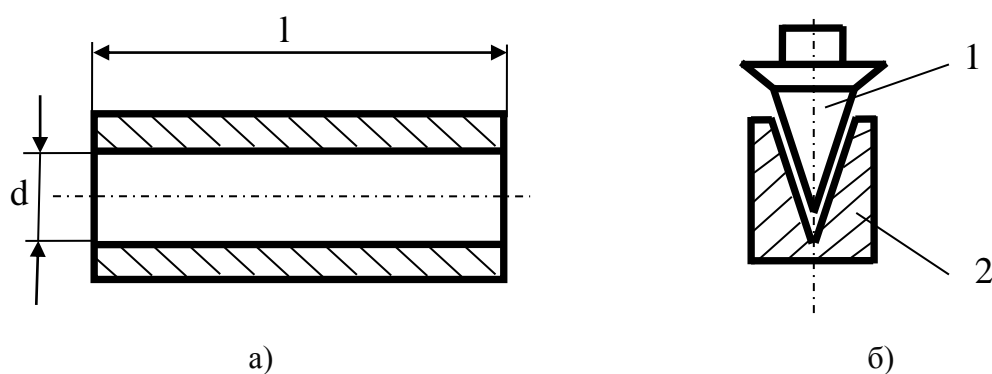


Рисунок 7.6 Схематичне зображення дроселів:
а) нерегульований дросель; б) регульований дросель

Найчастіше використовується дросель з довжиною капіляра 20мм. Капіляр вбудований у корпус, де знаходиться фільтр тонкого очищення.

Регульовані (змінні) дроселі (рис.7.6,б) типу П2Д.1 (зі шкалою) і П2Д.2 (без шкали) призначені для створення в пневматичних ланцюгах регульованого перепаду тиску. Випускаються дві модифікації змінних дроселів які відрізняються способом переміщення голки: в елементі П2Д.1 голка переміщується диском з лекальною пружиною, а в елементі П2Д.2 – налаштувальним гвинтом. Залежно від напрямку обертання регульовального гвинта або диска змінюється прохідний переріз щілини між голкою 1 і втулкою 2, чим досягається можливість налаштування різної провідності (опору). У дроселі П2Д.1 за нерухомою стрілкою обертається диск з шкалою, цифрованою у відсотках.

Реле призначене для перетворення плавної зміни вхідної величини в стрибкоподібне вихідної. У даній схемі використовуються реле моделей П1Р.1 та П1Р.3 (рис.7.7), РУП-1 М (рис.7.8) та інші види.

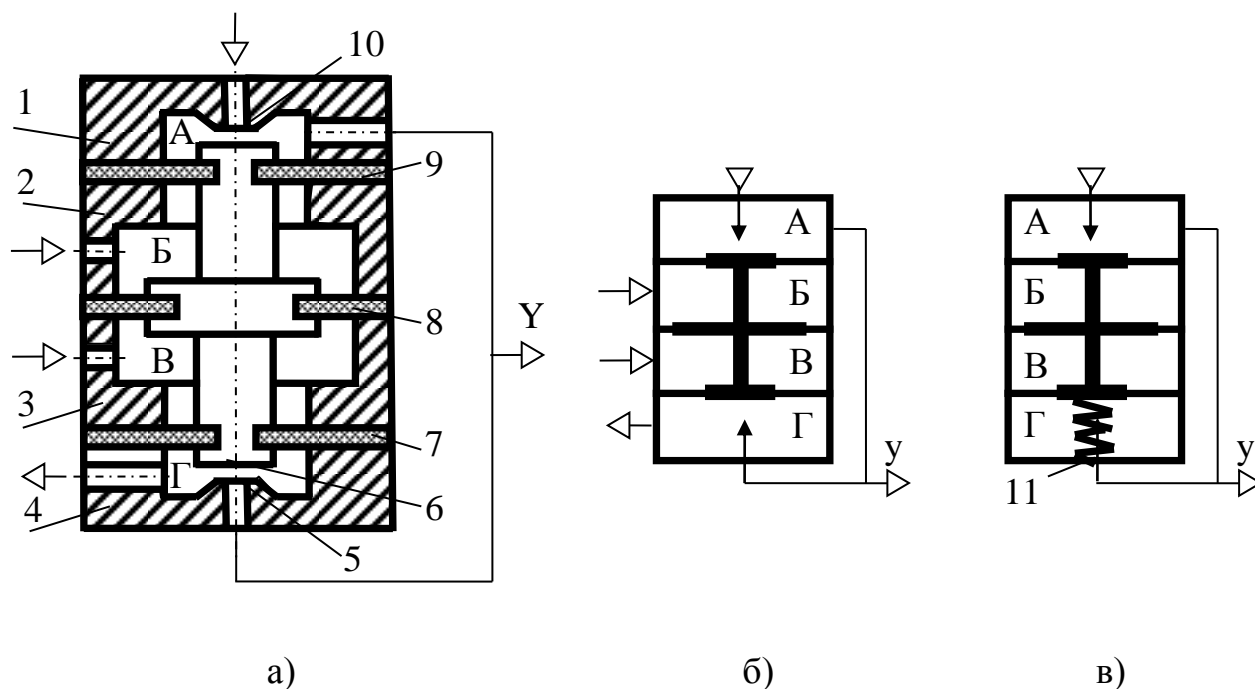


Рисунок 7.7 Пневматичне мембранне реле: а – схематичне зображення; б, в – умовне позначення реле П1Р.1 та П1Р.3 відповідно

Пневматичне мембранне реле складається з чотирьох секцій корпусу 1, 2, 3, 4, двох сопел 5 і 10, плунжера 6 і трьох мембран 7, 8, 9. Мембрани ділять внутрішню порожнину реле на чотири камери – дві проточні А і Г і дві глухі – Б і В. Живлення повітрям підводиться в камеру А через верхнє сопло 10, нижня камера Г з'єднується отвором з атмосферою, а сопло 5 з камерою А і виходом апарату у. У камери Б і В подається керований сигнал з тиском, рівним 0,03-0,04 або 0,07-0,09 МПа. Герметизація камер забезпечується при зборці елемента за допомогою чотирьох гвинтів, що стягують секції корпусу.

У конструкції мембранного реле моделі П1Р.3 використовується пружина 11, що встановлюється в камері Г та забезпечує закритий стан сопла 10 і відкритий сопла 5 (рис.7.7,в). Це позбавляє від необхідності створення в глухих камерах тиску. Проте при цьому дещо знижується швидкодія елемента.

Дія мембранного реле заснована на використанні нерівності ефективних площ мембран.

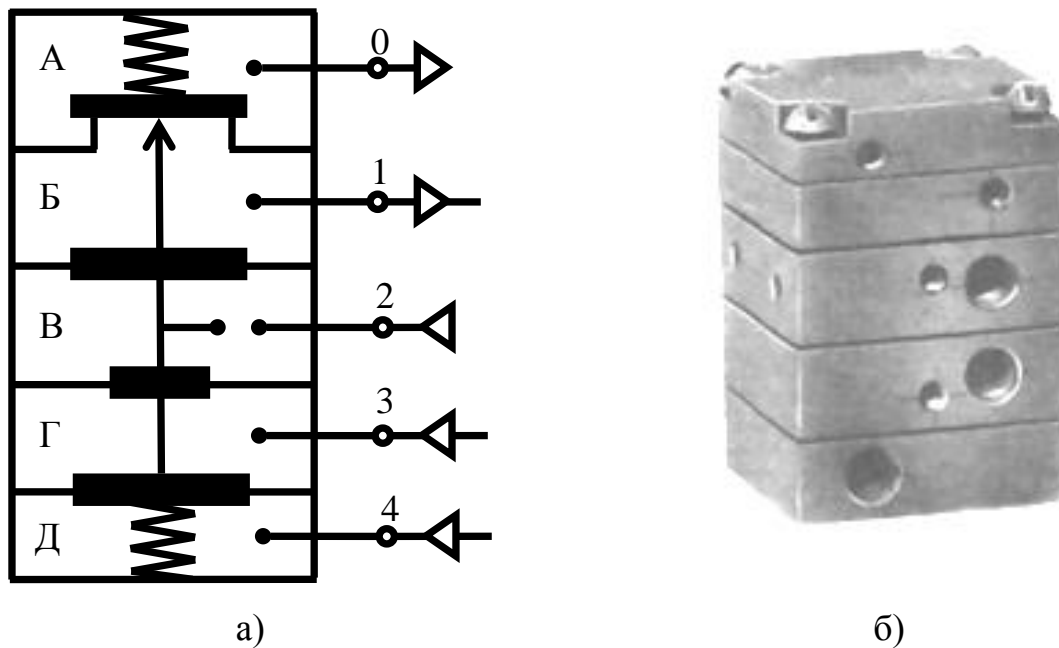
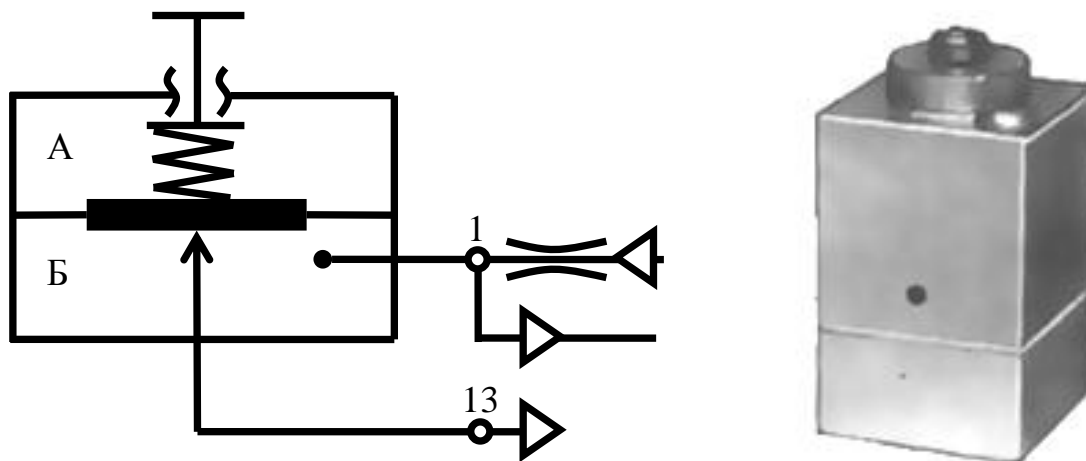


Рисунок 7.8 Реле універсального типу РУП-1М: а) принципова схема; б) зовнішній вигляд

Реле універсальне типу РУП-1М призначене для виконання тих же функцій, що і реле типу П1Р.1. Його доцільно використовувати у випадках, коли потрібний потужний вихідний сигнал.

Реле складається з п'яти секцій, трьох плоских гумовотканинних мембран, що розміщені в мембранному блоці, двох пневмоконтактів «сопло – заслінки» та пружин. Секції і мембрани утворюють п'ять пневматичних камер - А, Б, В, Г і Д. Один пневмоконтакт заслінка утворює з нерухомим соплом секції, інший - з рухливим соплом мембранного блоку.

Задатчик малопотужний типу П23Д.3 (рис.7.9) призначений для ручної установки і підтримки стабільного пневматичного сигналу малої потужності, що подається в непроточні камери пневматичних елементів автоматики.



а)

б)

Рисунок 7.9 Задатчик типу П23Д.3: а) схема пневматична;
б) зовнішній вигляд

Задатчик складається з двох секцій, розділених плоскою гумовотканинною мембраною та утворюючих камери А і Б пружини і установочного гвинта. Жорсткий центр мембрани служить заслінкою сопла, що має вихід в атмосферу. Тиск живлення подається на вхід нерегульованого пневмоопору типу П2Д.4-2 (капіляр діаметром 0,3 мм), який конструктивно в задатчик не входить. Вихід пневмоопору пов'язаний з камерою Б задатчика через канал 1, канал 13 пов'язаний з атмосферою.

Зміна ступеню стиснення пружини здійснюється спеціальним гвинтом. Мембрана встановлюється в положення, при якому зусилля, що створюється вихідним тиском, врівноважує зусилля пружини.

Вентиль призначений для перекриття газового потоку.

Вентиль типу ПОВ.1 (рис.7.10) має ручне керування, призначений для використання в пневматичних комунікаціях систем автоматики. Складається з двох секцій, плоскої мембрани, яка служить заслінкою, сопла, пружини і гвинта.

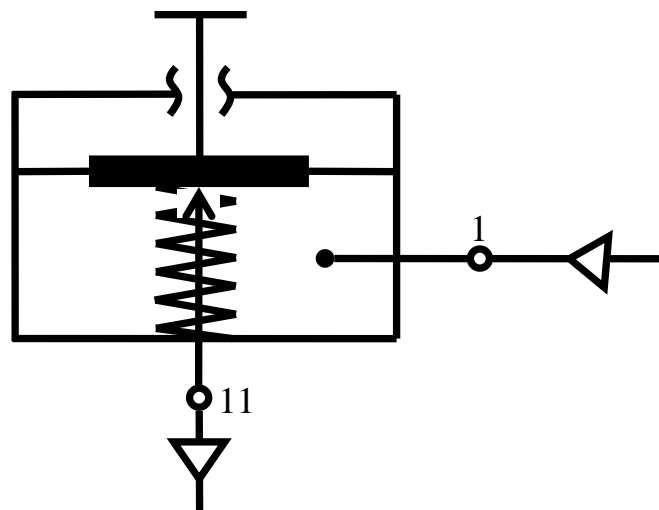


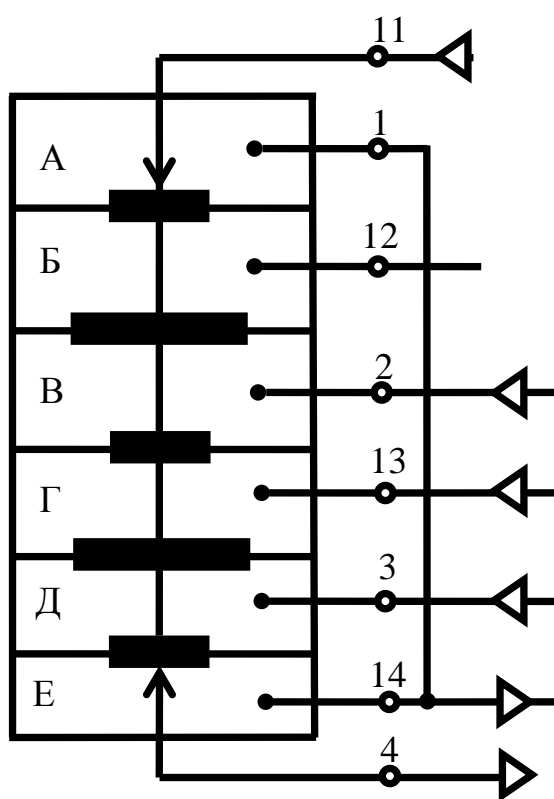
Рисунок 7.10 Схематичне зображення вентиля

При повороті голівки гвинта змінюється зазор між соплом і заслінкою. У закритому стані витрата через вентиль відсутня (забезпечується герметичність).

Вхідний тиск подається по каналу 1, вихідний тиск відводиться по каналу 11. Вентиль монтується на щиті або пульті.

Елемент порівняння призначений для порівняння двох або чотирьох безперервних пневматичних сигналів і отримання вихідних дискретних сигналів 0 або 1 при нерівності нулю суми порівнюваних тисків, а також для підсумовування трьох пневматичних сигналів; двох зі знаком плюс і одного зі знаком мінус.

У даній схемі використовується порівняльний елемент П2ЭС.3 (рис.7.11). Елемент порівняння типу П2ЭС.3 у режимі підсумовування призначений для пошуку алгебраїчної суми трьох безперервних сигналів, з яких два підсумовуються і один віднімається. Елемент складається з шести секцій, п'яти плоских гумовотканинних мембран, розміщених в мембранному блоці, і двох сопел. Секції і мембрани утворюють шість пневматичних камер - А, Б, В, Г, Д і Е. Жорсткі центри крайніх мембран служать заслінками і разом з соплами утворюють дві пари «сопло – заслінка».



а)



б)

Рисунок 7.11 Елемент порівняння типу П2ЭС.3

Тиск живлення подається через канал 11 і сопло в камеру А, камера Е через канал 4 з'єднана з атмосферою. У камери Б, В, Г підводяться вхідні сигнали через канали 2, 12, 13. Камери А, Д, Е через канали 1, 3, 14 з'єднуються з вихідною комунікацією.

Камери А, Д, Е і вихідний об'єм комунікацій – це ємність, пов'язана з двома пневмооперами, витрата повітря через які визначається проміжками між соплами і заслінками.

Кожному значенню суми вхідних величин відповідає таке положення рівноваги мембранного блоку, при якому зусилля, що створюється цією сумою вхідних сигналів, врівноважується зусиллям, яке створює вихідний тиск.

Пневматичний розподільвач УРП призначений для подачі в необхідних пропорціях газу та кисню.

Клапан запобіжний – пристрій для скидання тиску. Після закінчення скидання тиск середовища знижується до величини, меншої ніж на початку спрацьовування клапана (тиск закриття). Запобіжний клапан автоматично закривається і залишається закритим до тих пір, поки в системі знову не з'явиться тиск вищий за допустимий.

Мановакууметр – прилад, що вимірює вакуумметричний та манометричний тиск. На приладах є шкала з позитивними (абсолютними) і негативними значеннями (вакуумметр).

1.3 Порядок виконання роботи

- 1.3.1 Ознайомитися з методами респіраторної підтримки.
- 1.3.2 Ознайомитися з видами апаратів для штучної вентиляції легенів.
- 1.3.3 Ознайомитися з зовнішнім виглядом апарату та режимами його роботи.
- 1.3.4 Розібрати апарат для ШВЛ «МЛАДА» та ознайомитись з його будовою та особливостями роботи у відповідності до пневматичної схеми.
- 1.3.5 Зробити порівняльну характеристику апарату «МЛАДА» та сучасного апарату для ШВЛ.
- 1.3.6 Зробити висновок по роботі.

Контрольні запитання

1. Що таке респіраторна підтримка? Назвіть її основні методи.
2. Які методи використовують для ШВЛ.
3. Призначення апарату «МЛАДА» та його основні технічні характеристики.
4. З яких основних блоків складається апарат «МЛАДА»? Опишіть його структурну схему.
5. Назвіть елементи, що розміщені на лицьовій та бокових панелях апарату «МЛАДА».
6. Опишіть режим «керована вентиляція легенів чистим киснем».
7. Опишіть режим «керована вентиляція легенів киснево-повітряною сумішшю».
8. Опишіть режим «допоміжна вентиляція легенів».
9. Опишіть режим «безперервна подача газу».
10. Опишіть режим «інгаляційний наркоз».
11. Які елементи розміщені на пневматичній схемі? Їх призначення.
12. Принцип роботи пневматичної схеми апарату «МЛАДА».