

Annotation

The article defines theoretical principles of creating a manual for pre-university training of senior pupils. Formal (managerial), conceptual (didactic) and psychological (author's) requirements to instructional and methodological literature have been defined and classified in the article. Also, the article contains the results of an analysis carried out on a physical textbook in the system of pre-university training for entering a technological university.

**Keywords:** pre-university training, manual, physical textbook, technological speciality entrant.

Нижник О. В.  
Національний педагогічний університет  
імені М. П. Драгоманова

**ВИКОРИСТАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ЛАНЦЮГІВ  
ДЛЯ СИСТЕМАТИЗАЦІЇ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ  
ПРО БУДОВУ ТА ПРИНЦИП ДІЇ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАНЬ**

У статті розглядається систематизація знань студентів про будову та принцип дії засобів вимірювань на основі вивчення їх вимірювальних ланцюгів. Розглянуто вимірювальні ланцюги електромеханічних приладів та приладів для вимірювання неелектричних величин на прикладі магнітоелектричних вимірювальних механізмів.

**Ключові слова:** систематизація знань, вимірювальні ланцюги, засоби вимірювання.

У формуванні вимірювальних умінь і навичок студентів – майбутніх вчителів фізики та технологій важливою складовою є вивчення будови та принципу дії засобів вимірювальної техніки. Вся різноманітність засобів показана на рис. 1.

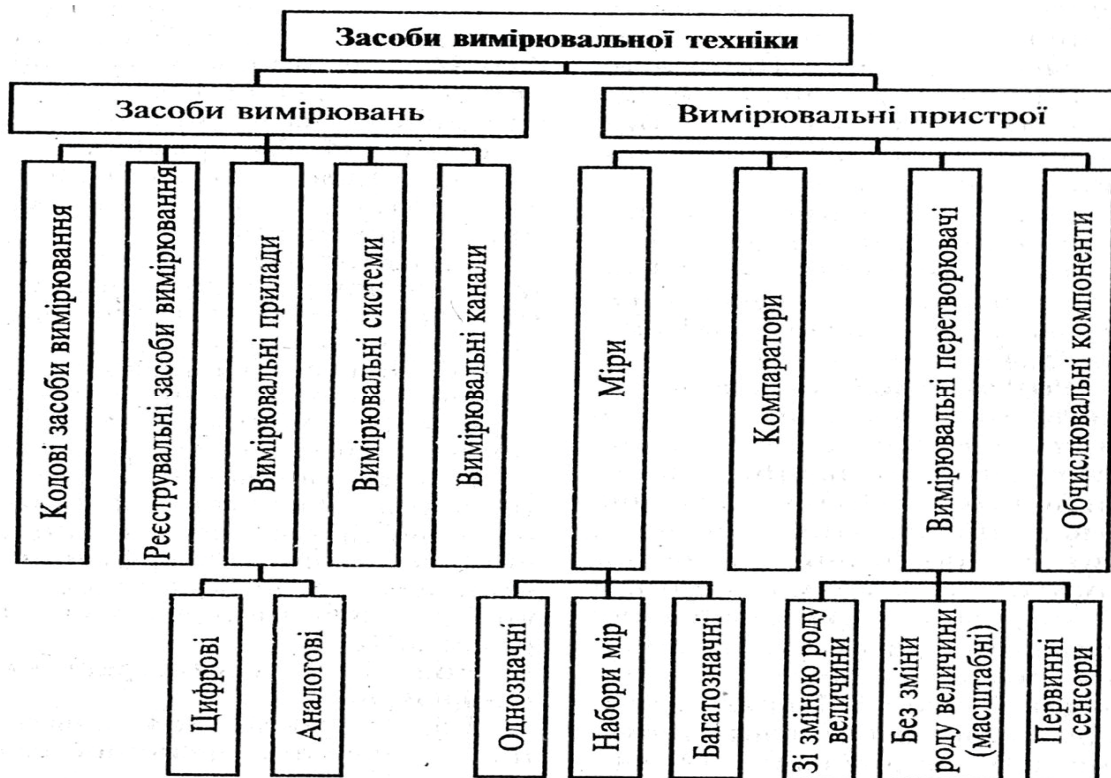


Рис. 1. Види засобів вимірювальної техніки

Із рис. 1 видно, що засоби вимірювань однієї і тієї ж величини мають спільні й відмінні риси в залежності від їх призначення. Так, у цифрових та аналогових вимірювальних приладах перші вимірювальні перетворювачі є практично однаковими, тоді як наступні – різні, принципово різні також показувальні пристрої. Різними є кінцеві вимірювальні перетворювачі в реєструвальних і кодових засобах. У перших відбувається запис результатів вимірювань, а у других кодовий сигнал у більшості випадків використовують в системах автоматики.

Розглянемо основні поняття метрології, які використовуються при вивченні будови і принципу дії засобів вимірювальної техніки та методики виконання вимірювань. В державному стандарті України відмічено, що “*вимірювання* – відображення вимірюваних величин їх значеннями шляхом експерименту та обчислень за допомогою спеціальних технічних засобів” [3, п. 4.1]. Засоби, що мають нормовані метрологічні характеристики, називають *засобами вимірювальної техніки* [3, п. 6.10].

Під час вимірювань відбувається вимірювальна операція з фізичними величинами чи їх значеннями: вхідна фізична величина перетворюється у вихідну, функціонально з нею пов’язану. Вимірювальне перетворення здійснює засіб вимірювальної техніки, який називають *вимірювальним перетворювачем*. Перетворення може здійснюватися зі зміною роду величини та без зміни роду величини, яке може бути лінійним або нелінійним. Лінійне перетворення фізичної величини здійснює *масштабний (вимірювальний) перетворювач*. Перетворювач, який перший взаємодіє з об’єктом вимірювання, називають первинним або *сенсором* [3].

Потрібно відмітити, що вимірювальний перетворювач не завжди конструктивно може бути виділеним, тобто один і той же елемент конструкції засобу вимірювань може мати два і більше вимірювальних перетворювачі [2, п. 6.2]. При вивченні будови засобів вимірювань часто використовують термін “*вимірювальний механізм*” (ВМ), під яким розуміють частину конструкції засобу вимірювань, що складається з елементів, взаємодія між якими викликає їх взаємне переміщення [2, п. 6.5]. Частиною конструкції засобу вимірювань є *показувальний пристрій* (ПП), яким є сукупність елементів або вузол, що подає візуальний сигнал вимірювальної інформації [3, п. 6.28]. У аналогових вимірювальних приладах показувальним пристроєм є шкала і стрілка, за переміщенням якої одержують покази засобу вимірювань [3, п. 6.22].

Однією із головних характеристик вимірювального перетворювача є *функція перетворення* – залежність між вхідною та вихідною величиною вимірювального перетворювача [3, п. 7.7]. Поряд з функцією перетворення використовують терміни “*градувальна характеристика засобу вимірювань*” та “*градувальна характеристика вимірювального перетворювача*”, під якими розуміють “залежність між значеннями вимірюваної (перетвореної) величини на вході та виході засобу вимірювань (вимірювального перетворювача), отримані під час градування, та подані у вигляді таблиці, графіка або формули” [3, п. 7.6].

У методичній літературі з метою систематизації знань студентів про будову та принцип дії засобів вимірювань вводять поняття блока (ланки) і структурної схеми [4-6]. Можна представити, що перетворення сигналу вимірюваної інформації здійснює окрема частина засобу, яку називають ланкою. З’єднання цих частин-ланок у певний ланцюг перетворень буде представляти структурну схему засобу вимірювань і зображати послідовність вимірювальних операцій.

Таку схему називають вимірювальним ланцюгом. Так, у стандарті зазначено “Измерительная цепь средства измерений – совокупность преобразовательных элементов средства измерений, обеспечивающая осуществление всех преобразований сигнала измерительной информации” [2, п. 6.3]. Кожна ланка відповідає вимірювальному перетворювачу і зображається у вигляді квадрата чи прямокутника (рис. 2). Напря

перетворень подається стрілкою, а вхідна та вихідна величини позначається відповідними символами коло стрілок. У частині посібників [5] вимірювальний механізм у схемі ланцюга засобу вимірювань теж подається окремим блоком.

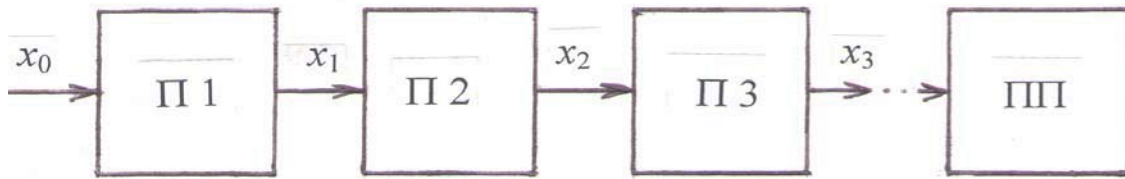


Рис. 2. Вимірювальний ланцюг вимірювального приладу: П1, П2, П3, ... – вимірювальні перетворювачі;  $x_0$ ,  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ , ... – фізичні величини; ПП – показувальний пристрій.

Використання схем вимірювальних ланцюгів при вивченні будови і принципів дії засобів вимірювань показало, що для забезпечення систематизації знань та підвищення інформативності потрібно внести до зображення вимірювальних ланцюгів такі зміни і доповнення:

- 1) вимірювальні механізми засобів теж слід подавати через сукупність вимірювальних перетворювачів;
- 2) на схемах потрібно вказувати початок ланцюга, зобразивши у формі овала чи кола об'єкт вимірювання, яким є “матеріальний об'єкт, одна чи декілька властивостей якого підлягають вимірюванню” [3, п. 4.7];
- 3) порядковий номер перетворювача потрібно вказувати не у квадраті, а над чи під квадратом, що його зображає;
- 4) вимірювальний перетворювач доцільно позначати квадратом з діагоналлю, як це зроблено зокрема в підручнику [4], але діагональ повинна проходити з верхнього лівого кута квадрата до нижнього правого, що більше відповідатиме напрямку перетворень. В кожному утвореному трикутнику слід вказувати символ вхідної та вихідної величини перетворювача відповідно [4]. Такі символи вказуватимуть функціональне місце перетворювача у вимірювальному ланцюзі засобу вимірювань;
- 5) на схемі потрібно наносити написи: “сенсор”, “вимірювальний механізм”, “вимірювальні перетворювачі”, “показувальний пристрій”;
- 6) на схемі додатково слід вказувати формули, що відповідають функціям перетворення. У функції перетворення через введення індекса потрібно зазначити порядковий номер перетворювача;
- 7) функцію перетворення для показувального пристрою слід подати через аналітичний вираз градуовального графіка вимірювального приладу.

Т а б л и ц я 1

№ з/п	Назва вимірювального механізму	Позначення
1	Магнітоелектричний з рухомою рамкою	
2	Магнітоелектричний логометр з рухомими рамками	
3	Магнітоелектричний з рухомим магнітом	
4	Магнітоелектричний логометр з рухомим магнітом	

Розглянемо використання вимірювальних ланцюгів на прикладі вивчення електромеханічних вимірювальних приладів магнітоелектричної системи, різновиди яких

подано в табл. 1 [1]. Такі вимірювальні механізми є обов'язковою частиною вимірювальних ланцюгів великої різноманітності аналогових електровимірювальних приладів з різними метрологічними характеристиками: амперметри, вольтметри, омметри і т.д.

У магнітоелектричному вимірювальному механізмі з рухомою котушкою, по якій проходить струм, котушка – рамка 7 взаємодіє з магнітним полем у зазорі між полюсними накладками 10 постійного магніту 4 і циліндром 5 (рис. 3). Протидіючий обертовий момент створюють дві спіральні пружини 8, через які підводиться струм до рамки. Рухома рамка ВМ перебуває в радіальному магнітному полі, створеному полюсними накладками 10 і циліндром 5 (рис. 4). На провідники країв рамки при протіканні по ній струму буде діяти магнітне поле з сталою силою  $F$  (сила Ампера), перпендикулярною до лінії магнітної індукції:

$$F = B l N I,$$

де  $B$  – магнітна індукція в зазорі,  $l$  – довжина краю рамки, яка перпендикулярна до лінії магнітної індукції в зазорі,  $N$  – кількість витків дроту в рамці;  $I$  – сила струму в витках рамки.

Обертовий момент  $M_I$ , з яким магнітне поле діє на рамку, буде визначатися шириною рамки  $d$ :

$$M_I = 2 F d / 2 = B l N d I. \quad (1)$$

Розглянута частина ВМ є магнітоелектричним вимірювальним перетворювачем (П2 на рис. 2), функцією перетворення якого є рівняння (1).

Рамка буде повертатися в зазорі між полюсними накладками та циліндром і закручувати спіральні пружини 8. Пружини створюватимуть протидіючий момент  $M_\alpha$ , який залежить від кута повороту рамки  $\alpha$ :

$$M_\alpha = k \alpha,$$

де  $k$  – коефіцієнт, який залежить тільки від пружних властивостей пружин.

У стані рівноваги  $M_I = M_\alpha$ , звідки

$$\alpha = \frac{M_I}{k} = \frac{B l N d}{k} I. \quad (2)$$

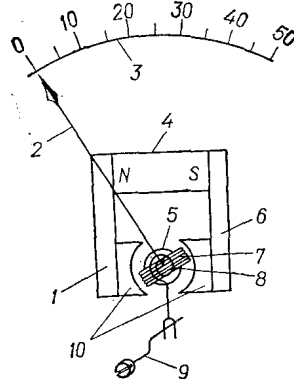


Рис. 3. Схема магнітоелектричного вимірювального механізму з зовнішнім магнітом: 1 і 6 – магнітні провідники; 2 – стрілка; 3 – шкала; 4 – постійний магніт; 5 – нерухомий сталевий циліндр; 7 – рухома рамка з обмоткою; 8 – протидіюча спіральна пружина (у механізмі їх дві); 9 – коректор; 10 – полюсні накладки.

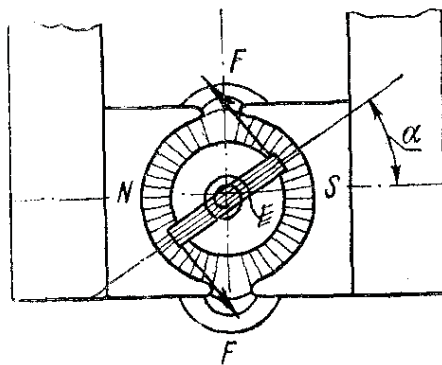


Рис. 4. Рухома рамка в радіальному магнітному полі в зазорі між полюсними накладками постійного магніту і сталевим циліндром.

Кут повороту рамки  $\alpha$  прямо пропорційний силі струму  $I$  в рамці. Шкала приладу буде рівномірною з ціною поділки  $c_I$ .

$$I = nc_I, \quad (3)$$

де  $n$  – кількість поділок, на які відхилилася стрілка показувального пристрою.

Рухома частина вимірювального механізму із спіральними пружинами є деформаційним перетворювачем (ПЗ на рис. 2), функцією перетворення якого є рівняння (2). За поворотом стрілки ПП та ціною поділки шкали знаходять вхідне значення величини  $x_0$  (рис. 1). Рівняння (3) є градуовальною характеристикою засобу вимірювання.

У залежності від призначення приладу (для вимірювання сили струму, напруги чи опору) змінюється схема включення вимірювального механізму в електричне коло. В амперметрах ВМ включається в коло безпосередньо або за допомогою шунта. У вольтметрах послідовно з ВМ включають додатковий опір. Шунт і додатковий опір є первинними масштабними перетворювачами амперметра та вольтметра відповідно. На рис. 5 показано вимірювальний ланцюг магнітоелектричного амперметра для вимірювання постійного струму.

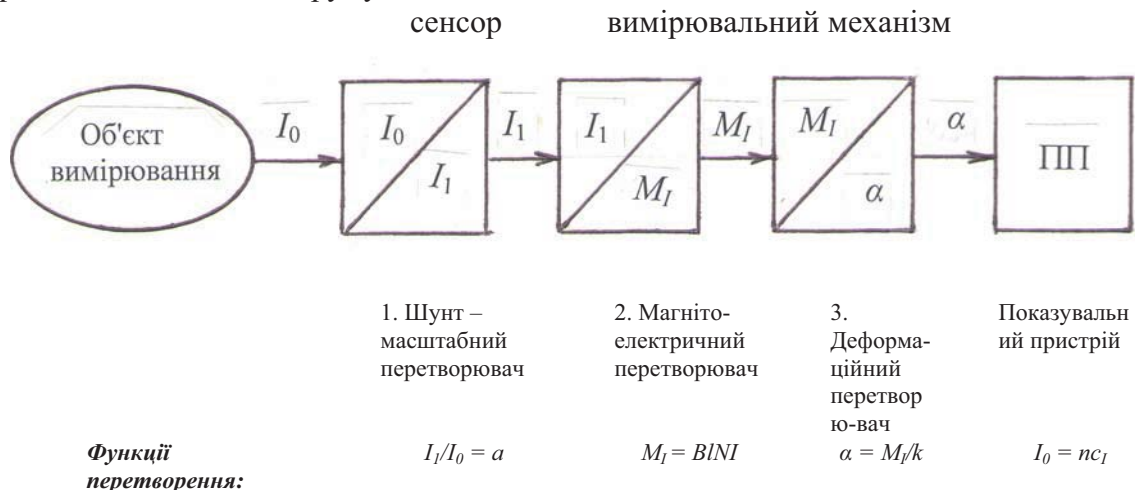


Рис. 5. Вимірювальний ланцюг магнітоелектричного амперметра

У магнітоелектричних логометрах протидіючий (вимірювальний) момент створюється не механічним шляхом, а електричним. В логометрі з рухомими рамками дві рамки, жорстко скріплені між собою під певним кутом, перебувають в неоднорідному

магнітному полі зазору між полюсними накладками постійного магніту і стальним осердям (рис. 6). На рисунку осердя спеціально зображене еліптичним. По обмотках рамок протікають струми  $I_1$  та  $I_2$ . Пружини для створення механічного протидіючого моменту не ставляться, а струм до обмоток підводиться непружними струмопровідними тонкими стрічками. Напрямок струму в обмотках вибирають так, щоб моменти  $M_{I1}$  і  $M_{I2}$  діяли назустріч. Один із моментів можна вважати обертовим, а другий – протидіючим. Оскільки поле неоднорідне, то значення моментів буде залежати від  $I_1$  та  $I_2$ , а положення рамок в зазорі від кута повороту  $\alpha$  жорсткого з'єднання рамок. Якщо  $M_{I1} = f_1(\alpha)I_1$  і  $M_{I2} = f_2(\alpha)I_2$ , де  $f_1(\alpha)$  і  $f_2(\alpha)$  – функції, що виражають залежність зміни індукції  $B$  в зазорі від кута повороту рамки  $\alpha$  для рамок 1 і 2, то  $M_{I1} = M_{I2}$ , звідки  $f_1(\alpha)/f_2(\alpha) = F(\alpha) = I_1/I_2$ . Отже, кут повороту рамок буде залежати лише від відношення  $I_1/I_2$ .

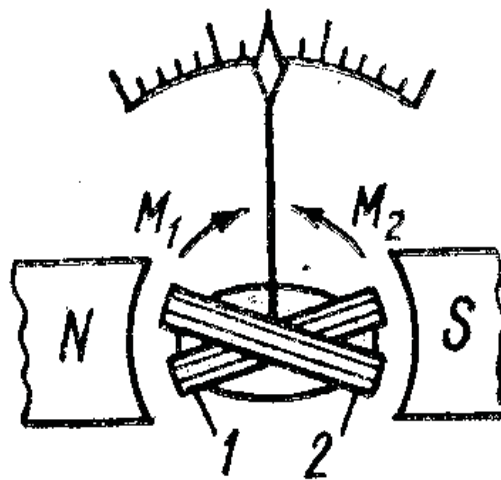


Рис. 6. Схема будови вимірювального механізму магнітоелектричного логометра з зовнішнім постійним магнітом і рухомими рамками, жорстко з'єднаними між собою.

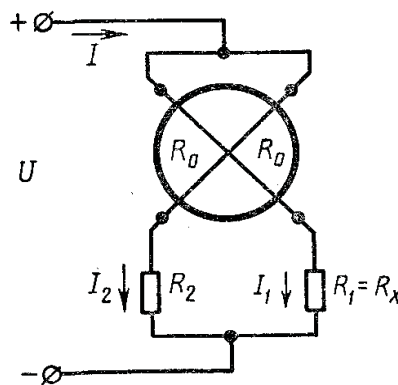


Рис. 7. Принципова схема логометричного омметра:

$$I_1 = U / (R_0 + R_x), \quad I_2 = U / (R_0 + R_2), \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_0 + R_2}{R_0 + R_x}, \quad F(\alpha) = \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_0 + R_2}{R_0 + R_x}.$$

Покази омметра не залежать від  $U$ .

Вимірювальні механізми магнітоелектричних логометрів застосовують перш за все в омметрах, принципова схема яких показана на рис. 7.

Вимірювальні механізми магнітоелектричних логометрів застосовують для електричних вимірювань неелектричних величин, коли у вимірювальних перетворювачах використовується залежність опору від вимірюваної величини. Такими є реостатні, тензорезисторні, терморезисторні та фоторезисторні перетворювачі. Схеми реостатних перетворювачів показано на рис. 8. Такі перетворювачі використовують для вимірювання рівня рідин, поплавків, що плаває в рідині через систему важелів з'єднують з повзунком реостатного перетворювача. Вимірювальний ланцюг електричного приладу для вимірювання об'єму рідини показано на рис. 9.

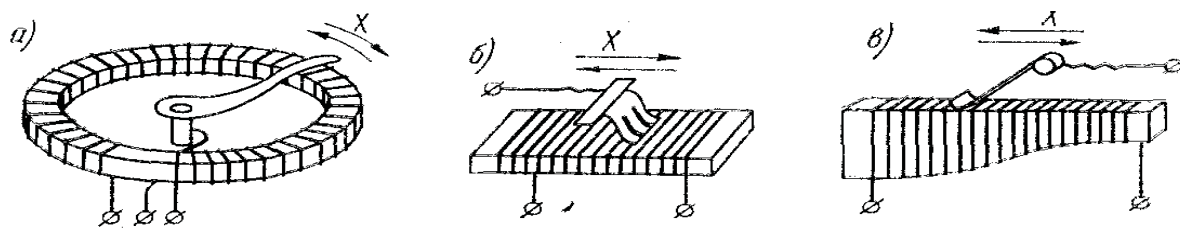


Рис. 8. Реостатні перетворювачі: а – для кутових переміщень; б – для лінійних переміщень; в – для функціональних перетворень лінійних переміщень.

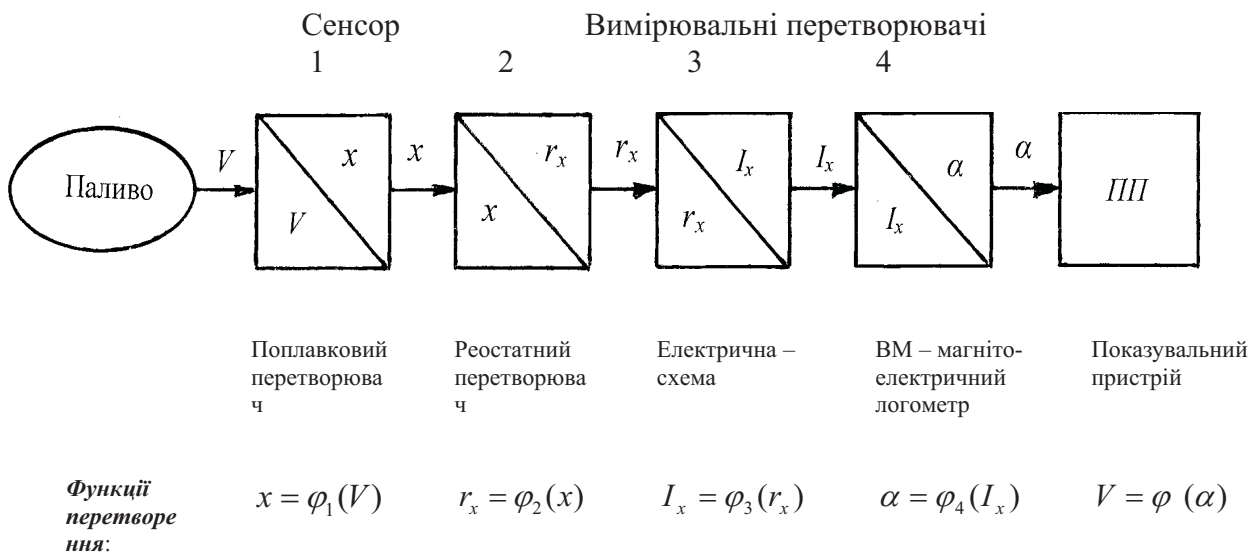


Рис. 9

При вимірюванні тиску повзунок реостатного перетворювача з'єднують з мембраною чи мембранною коробкою манометра. Сенсором для такого електровимірювального приладу буде мембранний манометричний перетворювач з функцією перетворення  $p = f_1(x)$ . Для вимірювання температури використовують напівпровідникові терморезистори (терморезисторні перетворювачі), опір яких значно залежить від температури, а для вимірювання освітленості – фоторезистори (фоторезисторні перетворювачі), опір яких залежить від освітленості.

Практика використання схем вимірювальних ланцюгів у методиці вивчення будови і принципу дії засобів вимірювань показала їх здатність систематизувати і узагальнювати знання студентів.

**Використана література :**

1. ГОСТ 1845-59. Приборы электроизмерительные: Общие технические требования.– М. : Изд-во стандартов, 1972 [переиздание]. – 68 с.
2. ГОСТ 16263-70. Метрология. Термины и определения.– М. : Изд-во стандартов, 1972 [переиздание]. – 54 с.
3. ДСТУ 2681-94. Метрологія: Терміни та визначення [Державна система забезпечення єдності вимірювань].– К. : Держстандарт України, 1994.– 76 с.
4. Контрольно-измерительные приборы и инструменты: Учеб. для нач. проф. образования / С. А. Зайцев, Д. Д. Грибанов, А. Н. Толстов, Р. В. Меркулов.– М. : Изд. центр “Академия”, 2005.– 464 с.
5. Методы и средства измерения электрических величин: Учеб. пособие для вузов / Под ред. Э. Г. Атамаян.– М. : Высшая школа, 1974. – 200 с.
6. Электрические измерения : учебник для вузов / Под ред. А. В. Фремке.– Л.: “Энергия”, 4-е изд., 1973. – 424 с.

**А н н о т а ц и я**

*В статье рассматривается систематизация знаний студентов о строении и принципе действия средств измерений на основе изучения их измерительных цепей. Рассмотрены измерительные цепи электромеханических приборов та приборов для измерения неэлектрических величин на примере магнитоэлектрических измерительных механизмов.*

**Ключевые слова:** систематизация знаний, измерительные цепи, средства измерения.

**A n n o t a t i o n**

*This article deals with systematisation of students' knowledge about the structure and the principle of functioning of measuring instruments by studying their measurement sequence. Moreover, the article examines measurement sequence of electromechanical apparatus that measure non-electrical quantity on the example of magnetoelectric measuring mechanisms.*

**Keywords:** systematization of knowledges, measurings chains, measuring facilities.

**Письменна М. В.**  
**Національний педагогічний університет**  
**імені М. П. Драгоманова**

**ЗДІЙСНЕННЯ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО ПІДХОДУ ПІД ЧАС НАВЧАННЯ УЧНІВ РОЗВ'ЯЗУВАТИ РОЗРАХУНКОВІ ЗАДАЧІ З ХІМІЇ**

*У статті висвітлено важливість застосування диференційованого підходу під час навчання учнів розв'язувати задачі з хімії. Окреслено теоретичні аспекти диференційованого навчання з позицій психології та педагогіки. Проаналізовано суть понять “диференційоване навчання”, “диференційований підхід” та показано їх взаємозв'язок.*

**Ключові слова:** диференційоване навчання, диференційований підхід, індивідуальні особливості, групова робота, розв'язування задач.

Одним із завдань, що висунуті перед сучасною школою, є не лише накопичення знань, якими можна володіти, а й уміння використовувати набуті знання та бажання їх постійно поповнювати. Вимоги щодо організації навчального процесу, орієнтованого на врахування індивідуальних особливостей учнів і диференціацію навчання, виражено в “Концепції загальноосвітньої середньої школи”, “Концепції профільного навчання в старшій школі”, “Національній доктрині розвитку освіти України у ХХІ столітті”, постанові Кабінету Міністрів “Про затвердження державного стандарту базової і повної середньої освіти”.

Безперечно, що в реальному процесі навчання знання засвоюються індивідуально кожним учнем і процес засвоєння знань може бути не однаковий у дітей різних груп і