

## АНАЛІТИЧНЕ ТА ЕКОЛОГІЧНЕ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

УДК 681.123

### КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАНЬ МАСОВИХ ВИТРАТ СИПКИХ РЕЧОВИН

*Корнєва Ю.О., Нікітін О.К., Національний технічний університет України “Київський  
політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

*В роботі представлений стислий аналіз існуючих класифікацій засобів вимірювань витрат сипких речовин та запропонований авторський варіант класифікації*

#### **Вступ**

Вимірювання масових витрат сипких речовин забезпечує більшу точність в порівнянні з вимірюванням інших видів витрат сипких речовин (наприклад об'ємних). Тому воно набуло більш широкого використання в таких галузях промисловості, як металургійна, хімічна, сільськогосподарська, харчова тощо. При аналізі сучасних засобів вимірювань та контролю будь-якого інформативного параметру, який має на меті розширення і систематизацію знань про закономірності конструювання цих засобів, завжди постає питання, яким чином їх класифікувати.

Спроб класифікувати засоби вимірювань масових витрат сипких речовин проводилося багато. Так в роботах П.П. Кремльовського [1], М.А. Гатіха [2], Н. І. Луткіна [3] та ін. наведені класифікації як засобів вимірювань витрат взагалі так і окремо масових витрат. Вищезгадані класифікації мають низку спільних недоліків, наявність яких робить їх застосування обмеженим.

Метою даною роботи є визначення загальних принципів побудови класифікацій засобів вимірювань витрат за допомогою аналізу вже існуючих систем і формулювання вимог, яким вони мають відповідати, а також створення власної класифікації засобів вимірювань масових витрат сипких речовин.

#### **Аналіз існуючих класифікацій витратомірів сипких речовин**

На особливу увагу заслуговує класифікація витратомірів сипких речовин Н. І. Луткіна [3] (рис.1). Конкретизація виду середовища і видів витрат є перевагами цієї класифікації. Але істотним недоліком, як відмічено в [2], є те, що автор застосовує як рівноправні ознаки конструктивні параметри (стрічкові, лоткові, крильчасті) та принцип роботи (відцентрові).

Гатіх М.А. пропонує інші принципи побудови класифікації. Для диференціації класифікаційних ознак автор застосовує наступні градації: призначення приладу, принцип його дії, будову. Відповідно першій градації створений двовимірний “простір”, одним виміром якого є всі відомі види середовищ, іншим – види витрат (табл. 1). Розподіл засобів вимірювань витрат на першому рівні наведеної класифікації є досить природнім і вичерпним, але незручною є нумера-

ція, яка буде повторюватися і надалі.

Інші рівні класифікації наступні : II.принцип дії приладу; III.алгоритм роботи проміжного перетворювача; IV.будова проміжного перетворювача; V.алгоритм роботи вимірювального перетворювача; VI.будова вимірювального перетворювача. Кожен з цих рівнів також є двовимірним.

Таблиця 1 - Поділ засобів вимірювань за видами витрат і середовища

Вид витрат	Тверде тіло	Рідина	Газ	Сипкий матеріал
	01	02	03	04
Погонний (01)	$I \frac{01}{01}$	$I \frac{01}{02}$	$I \frac{01}{03}$	$I \frac{01}{04}$
Квадратурний (02)	$I \frac{02}{01}$	$I \frac{02}{02}$	$I \frac{02}{03}$	$I \frac{02}{04}$
Об'ємний (03)	$I \frac{03}{01}$	$I \frac{03}{02}$	$I \frac{03}{03}$	$I \frac{03}{04}$
Витрати кількості (04)	$I \frac{04}{01}$	$I \frac{04}{02}$	$I \frac{04}{03}$	$I \frac{04}{04}$
Масовий (05)	$I \frac{05}{01}$	$I \frac{05}{02}$	$I \frac{05}{03}$	$I \frac{05}{04}$

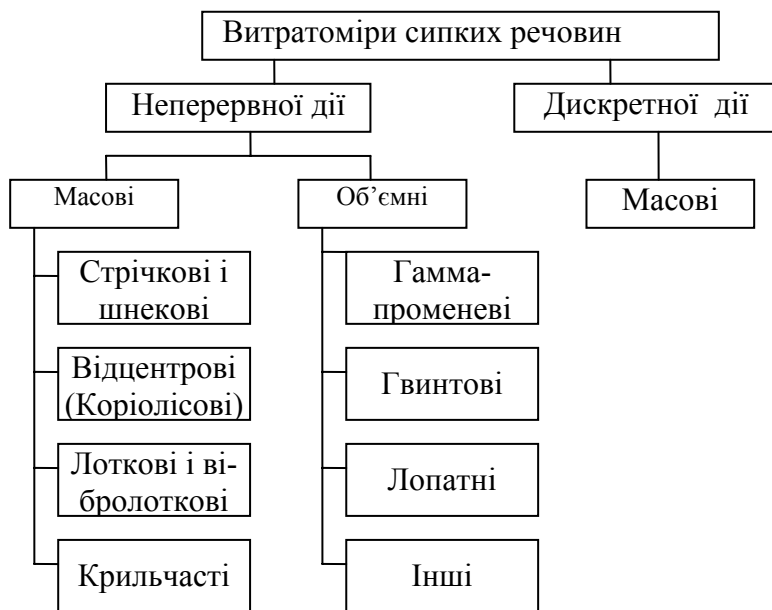


Рисунок 1 – Класифікація витратомірів сипких речовин за Н. І. Луткіним

На рис. 2 наведена повна класифікація засобів вимірювань масових витрат сипких речовин, розроблена Гатіхом М.А. та Дріком Ф.Г. Хоча ця система є дуже докладною, вона має деякі недоліки. До класу “Гравітаційні” входить тільки один підклас “Зі зважуванням потоку”, до якого віднесені витратоміри з еластичною стрічкою, що переміщує насипаний на ній сипкий матеріал, і витратоміри з нахиленою площиною (лотком), по якій переміщається потік ма-

теріалу. Причому наявність чи відсутність руху матеріалу відносно площини не відбивається у класифікації, хоча є суттєвими.

На противагу гравітаційному до інерційного класу автор відносить велику кількість різноманітних засобів вимірювань, що відрізняються і за будовою, і за принципами роботи. Поділ засобів вимірювань на підвиди здійснюється за типом перетворювача. Цілком зрозуміле бажання автора уніфікувати методи розрахунку перетворювачів за допомогою їх класифікації, але це не є реальним. Адже для розрахунку перетворювачів, що є східними за конструкцією, але беруть участь у різних методах вимірювання витрат, застосовуються різні підходи.

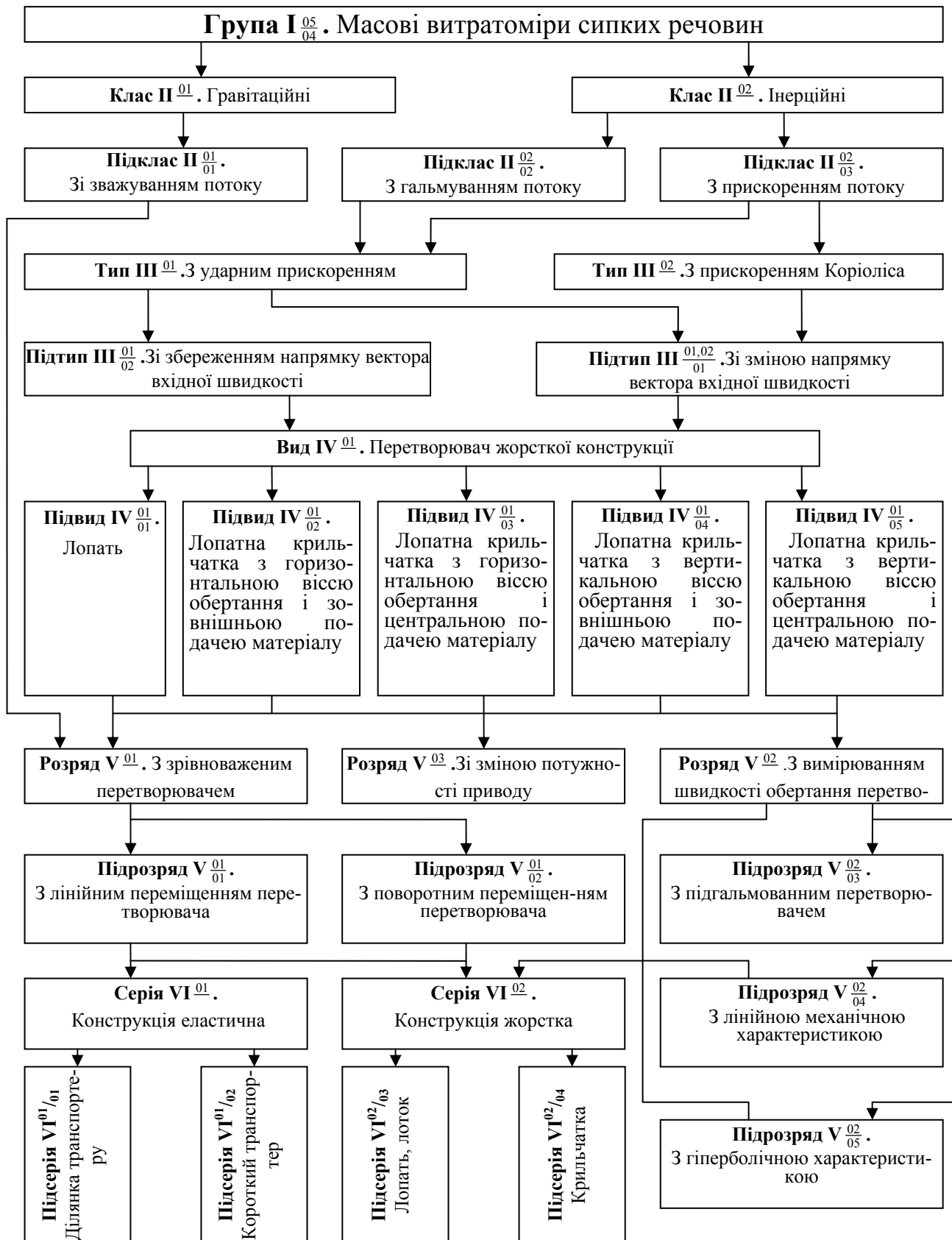


Рисунок 2 – Класифікація витратомірів сипких речовин за Гатіхом М.А.

Окрім вищезгаданих зауважень в класифікації М.А. Гатіха є найбільш принциповий недолік: він міститься у самому поділі витратомірів за принципом взаємодії на гравітаційні та інерційні. В реальних конструкціях витратомірів у взаємодії вимірювальних перетворювачів та потоку в більшості випадків мають місце як гравітаційна сила, так і сили інерції. Тому віднесення засобу вимірювань за цим принципом до того чи іншого класу є досить важкою задачею, що вимагає всебічного вивчення кожної конкретної конструкції. Причому варіювання навіть одного геометричного параметру в принципово однакових витратомірах може віднести їх до різних класів.

Не дивлячись на недоліки класифікації М.А. Гатіха самі принципи її побудови за допомогою градацій “призначення приладу”, “принцип дії”, “будова” і поділом на види витрат і вимірюваного середовища є природними і можуть досить повно характеризувати, а отже і класифікувати засіб вимірювань витрат. Тому ми пропонуємо при створенні класифікаційних систем витратомірів користуватися цими принципами, але для уникнення помилок попередніх класифікацій необхідно визначити вимоги, яким повинна відповідати будь-яка класифікація.

### **Вимоги до класифікацій засобів вимірювань**

Підсумовуючи все вищесказане, можна виділити такі найбільш суттєві вимоги до класифікацій: *зручність*, яка базується на наочності та ілюстративності; *логічність*, що передбачає використання рівнозначних ознак на одному класифікаційному рівні; *місткість*, тобто використання термінів які б найповніше розкривали і узагальнювали суть класифікаційних ознак.

Але, окрім відповідності зазначеним вимогам, в основі класифікації повинні бути властивості об'єктів, що надавали б їй наукового характеру. В роботі [4], яка розглядає проблему побудови класифікацій взагалі, описано два підходи до визначення таких властивостей. Перший підхід вбачає використання в якості основи для побудови класифікації найбільш суттєву ознаку, яка б дала можливість визначати специфіку виникнення і формації об'єктів дослідження і таким чином створювати можливості для побудови природної класифікації. Другим підходом є звернення до логічної природи основи класифікації - вона повинна “добре працювати”, тобто давати нам такі групування, які б були б для нас найбільш цінними. Цей підхід передбачає використання таких властивостей, які є причинами або складають ознаки багатьох інших властивостей об'єктів, що досліджуються.

Використання другого підходу є найбільш зручним для побудови класифікацій у техніці, адже найкращою основою для класифікації є така властивість, яка б найбільш повно розкривала основні суттєві ознаки об'єктів, а в нашому випадку – принцип дії та будову засобів вимірювань. На нашу думку такою властивістю є метод вимірювання, що реалізує засіб вимірювань. Побудована на такій основі, класифікація буде мати дещо формальний характер, але буде зручною і зрозумілою. Адже визначення методу вимірювань є зафіксованим в нормативні документації і широко застосовується у практиці.

Згідно [5], “метод вимірювання – сукупність способів використання засобів вимірювальної техніки та принципу вимірювань для створення вимірювальної інформації”. Отже, якщо наприклад, певна група засобів вимірювань масових витрат сипких речовин називається “вагові” (тобто такими, що реалізують ваговий метод вимірювання), то зрозуміло, що в них використані ті ж самі принципи і ті ж самі засоби, що і в ваговимірювальній техніці; або в тахометричних засобах вимірювань застосовується весь той досвід використання технічних засобів і всі ті принципи, що набуті при вимірюванні частоти обертання взагалі, і т.д. Отже класифікація засобів вимірювань масових витрат сипких речовин за методами вимірювання є дуже природною і місткою, адже дає загальне уявлення про певні групи засобів вимірювань.

### Класифікація засобів вимірювань масових витрат сипких речовин

На рис. 3 зображена створена класифікація засобів вимірювань масових сипких речовин. Всі засоби вимірювань витрат сипких речовин поділені на шість класів, що відповідають методам вимірювання. Поділ засобів на підгрупи має на меті конкретизацію їх будови і відбувається за типом перетворювача, що безпосередньо взаємодіє з потоком.



Рисунок 3 – Класифікація засобів вимірювання масових витрат сипких речовин за методами вимірювань

До першого класу “Вагові” відносяться засоби, принцип дії яких полягає в періодичному або неперервному вимірюванні сили, з якою окремі порції або ділянки потоку сипкої речовини діють на елементи конструкції засобу вимірювання. *Динамічно-вагові* засоби реалізують перетворення сили, з якою потік сипкої речовини діє на лоток або інше тіло, по якому рухається. Принципова різниця між динамічно-ваговими засобами вимірювань витрат і ваговими полягає у наявності вільного руху часток сипкого матеріалу відносно спрямовуючих частин витратоміру під час процесу вимірювання [1, 6]

Принцип роботи *тахометричних* засобів вимірювань полягає у вимірі частоти обертання лопаті або будь-якого іншого елемента, яке відбувається під дією тиску потоку сипучої речовини [7]. Інформативним параметром в *силових* засобах вимірювань є силовий вплив потоку на елементи конструкції, що є нас-

лідком прискорення відмінного від прискорення вільного падіння. Перетворювач сили Коріоліса надає потоку переносну обертову швидкість, що є причиною виникнення прискорення Коріоліса [8, 9]. У витратомірі з заокругленою пластинною створюється відцентрове прискорення [10]. В силових витратомірах з комбінованим перетворювачем на потік діють декілька різних прискорень [2]. У засобах вимірювань витрат *обтікання* реалізується вимірювання динамічного тиску деякої частини сипучого продукту на тіло в потоці. В витратомірах з *вимірюванням геометричних параметрів потоку* найчастіше вимірюється площа перетину потоку матеріалу насипна густина і швидкість якого відомі [1, 7].

### Висновки

Класифікація, що побудована за методами вимірювання, дозволяє найбільш повно систематизувати дані про принципи конструювання засобів вимірювань масових витрат сипких речовин. Сформульовані вимоги до класифікаційних систем можуть бути корисними не тільки при створенні класифікацій засобів вимірювань, а і для побудови класифікацій технічних засобів взагалі. Подальші дослідження в цьому напрямку передбачають визначення принципових переваг та недоліків кожного класу зазначених засобів вимірювання та всебічного вивчення найбільш перспективного з них.

### Література

1. Кремлевский П.П. Измерение расхода многофазных потоков. – Л.: Машиностроение, 1982. – 214с.
2. Гатих М.А. Физико-механические методы измерения и дозирования массы сыпучих материалов. – Минск: Наука и техника, 1987. – 260с.
3. Луткин Н.И. Расходомеры для зерна и сыпучих материалов. – М.: Колос. 1969. – 184с.
4. Розова С.С. Классификационная проблема в современной науке – Новосибирск: Наука, 1986. – 223с.
5. ДСТУ 2681-94. ДСВ. Метрологія. Терміни та визначення. - К., 1994
6. Кулаков М.В. Автоматические контрольно-измерительные приборы для химических производств. – М., 1961. – 260с.
7. Луткин Н.И, Морар К.К. Приборы для контроля технологического процесса в потоке. – М.: Колос, 1978. – 159с.
8. Boyle K. Applying Coriolis // International Cement Review – February 2003 – p.37-41.
9. G. Dimaczek, H.-G. Fassbinder, A. Emmel and R. Kupfer. High-precision Coriolis mass flowmeter the bulk material two-phase flows // Flow Measurement and Instrumentation. – October 1994. – Vol. 5, Is. 4. – P.295-302.
10. Welsch R., Fahlenbock T. D., Bulk Solids Flow Meter and Additive Feeders in PE and PP Plants. - MBS Conference Zurich 2004/2005.

<p>Корнева Ю.А., Никитин А.К. <b>Классификация средств измерений массового расхода сыпучих веществ</b></p> <p>Представлен краткий анализ существующих классификаций средств измерений расхода сыпучих веществ, выделены их недостатки. Сформулированы требования к подобным системам и предложен вариант классификации.</p>	<p>Kornyeva Y.A., Nikitin A.K. <b>The bulk solid mass flow meter classification.</b></p> <p>Short analysis of exist bulk solid flow measurement instrument classification is presented in the paper. Demands for such classification had been formulated and author's classification was proposed.</p>
---	--

Надійшла до редакції  
28 лютого 2006 року