

тун Е.П., Стасюк И.Д., Теплюх З.Н. Определение расходных характеристик дроссельных элементов. – Научно-техн. реферат сб.: "Автоматизация и контрольно-измерительные приборы в нефтеперераб. м нефтехим. пром-ти". – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1982. – №4. – С. 28–30. 16. Обозовський С.С. Теоретичні основи інформаційно-вимірювальної техніки (Загальні питання і теорія похибок). – К.: НМК ВО, 1991. – 222 с. 17. Schley P., Jaeschke M., Küchenmeister C. and Vogel E. Viscosity Measurements and Predictions for Natural Gas International journal of Thermophysics. – Vol. 25. – No. 6. – November 2004. – P. 1623–1652.

УДК 681.121

О.З. Парнета, З.М. Теплюх

Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра автоматизації теплових та хімічних процесів

ВПЛИВ ПОВЕРХНІ МІРНОЇ ТРУБКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛІВКОВОГО ВИТРАТОМІРА

© Парнета О.З., Теплюх З.М., 2010

Досліджено вплив властивостей внутрішньої поверхні мірної трубки плівкового витратоміра на експлуатаційні характеристики приладу.

In the article the influence of properties of measuring tube inner surface of film flowmeter on the device operating characteristics is investigated.

Висвітлення проблеми. Плівковий витратомір – найуживаніший прилад для вимірювання малих витрат газів, який придатний також для метрологічного забезпечення інших типів витратомірів [1, 2].

Аналіз відомих досліджень [3–5] показує, що для забезпечення високих метрологічних та експлуатаційних характеристик плівкового витратоміра в процесі вимірювання витрати газу на внутрішній поверхні мірної трубки повинен існувати стійкий шар плівкоутворювальної рідини. Товщина цього шару залежить від виду плівкоутворювача, тривалості циклу вимірювань, періоду між вимірюваннями, а також стану внутрішньої поверхні мірної трубки витратоміра [6–8]. Крім того, рідинна плівка може мати неоднакову товщину по висоті мірної трубки внаслідок стікання рідини під дією сил гравітації, випаровування і старіння плівкоутворювальної рідини. Інтенсивність стікання залежить від поверхневих сил взаємодії плівкоутворювальної рідини і стінок мірної трубки, а також густини та в'язкості плівкоутворювальної рідини. Випаровування шару плівкоутворювальної рідини може бути також доволі інтенсивним, коли її основою є рідина з низькою температурою кипіння, наприклад вода, а газ є сухим. Непостійність форми і геометричних розмірів шару плівкоутворювальної рідини на поверхні мірної трубки може істотно впливати на експлуатаційні характеристики приладу (руйнування плівки, малий період між вимірюваннями), а також на точність вимірювання витрати (похибка від налипання плівкоутворювача на стінках трубки може сягати 10 %). Тому дослідження шару плівкоутворювача всередині мірної трубки є важливим та актуальним.

Мета роботи – дослідити вплив властивостей поверхні мірної трубки на експлуатаційні характеристики плівкового витратоміра.

Умови існування плівки рідини на поверхні мірної трубки. Стан рідинної плівки всередині мірної трубки залежить від змочуваності поверхні трубки, що визначається взаємодією

на межі розділу фаз (поверхня скла – рідинна плівка) і залежить від профілю поверхні, наявності на ній забруднень, поверхневого натягу рідини, а також від температури, вологості оточуючого середовища та інших чинників [9]. Мірою змочуваності поверхні є крайовий кут змочування. Якщо крайовий кут менший за 90^0 , поверхня є добре змочувана і називається гідрофільною (олеофільною). Для гідрофільної поверхні за збільшення температури крайовий кут зменшується, тобто змочуваність покращується. Заходи для зниження величини крайового кута називають гідрофілізацією поверхні.

На змочуваність поверхні істотно впливає шорсткість цієї поверхні [10]. Змочування шорстких поверхонь порівняно з гладкими має багато особливостей. Ці особливості проявляються в зміні на шорстких поверхнях основних показників, що характеризують змочування, до яких належать крайовий кут змочування та критичний поверхневий натяг. Причиною зміни вказаних показників є наявність виступів на шорсткій поверхні та відмінність площі контакту рідини на шорсткій поверхні порівняно з гладкою.

Під час визначення крайового кута необхідно враховувати профіль шорсткої поверхні. Параметри, що характеризують шорсткість поверхні, безпосередньо впливають на значення крайового кута на цій поверхні. Фактична площа контакту рідини з шорсткою поверхнею залежить від висоти та ширини основи виступів поверхні, їх частоти та інших величин, що визначають профіль твердої поверхні. На нерівній поверхні частина рідини може бути між виступами шорсткості. Нерівності шорсткої поверхні зумовлюють збільшення площі фактичного контакту рідини з твердою поверхнею порівняно з гладкою поверхнею в R_Δ раз. Коефіцієнт R_Δ дорівнює відношенню фактичної площі S_ϕ контакту рідини до номінальної площі S_n контакту і показує, у скільки разів збільшилася фактична площа контакту рідини на шорсткій поверхні порівняно з гладкою поверхнею:

$$\cos \theta''' = R_\Delta \cos \theta = \frac{S_\phi}{S_n} \cos \theta \quad , \quad (1)$$

де θ , θ''' – кут змочування на гладкій та шорсткій поверхнях.

Для шорстких поверхонь завжди $R_\Delta > 1$. Шорсткі змочувані поверхні стають більше гідрофільними, а незмочувані – більше гідрофобними. Повне змочування шорстких поверхонь досягається легше, ніж гладких поверхонь. Рідина, які повністю розтікаються на шорстких поверхнях ($\theta = 0$), на гладких поверхнях утворюють певний крайовий кут $\theta > 0$.

Отже, для одних і тих самих контактуючих тіл (тверда поверхня – рідина) наявність нерівностей призводить до зменшення крайового кута, тобто збільшення змочування шорстких гідрофільних поверхонь порівняно з гладкими.

Матування скла. Шорсткість внутрішньої поверхні мірної трубки плівкового витратоміра може бути грубою і тонкою (дрібною). Тонку шорсткість поверхні можна забезпечити її матуванням. Відомі різні способи матування скляної поверхні, серед яких поширеними є механічний та хімічний способи [11].

Механічний спосіб матування скла полягає у тому, що на його поверхню діють абразивом – піском, наждаком або корундом. Поверхню скла можна зробити матовою, натираючи її водостійкою шліфувальною шкіркою. Шкірку можна замінити абразивним порошком, який набирають на тампон і труть ним скло коловими рухами. Для матування скляної поверхні також застосовують спеціальний піскоструминний апарат, що працює від стисненого повітря (або пари) і з силою кидає пісок на скло, який і робить поверхню матовою. Для плівкового витратоміра цей спосіб є малопридатним.

Хімічний спосіб матування полягає в дії на поверхню скла плавиковою (фтористоводневою) кислотою в суміші з її солями (наприклад, фтористим амонієм, фтористим натрієм або фтористим калієм). Сама плавикова кислота розчиняє скло, але не робить його матовим, тому обов'язково до неї домішують її солі. Калійно-фтористі солі дають найніжнішу матову поверхню, а найгрубішу – фтористий амоній. Травлення можна здійснювати і без плавикової кислоти, користуючись тільки її солями з домішкою кислоти сірчаної або соляної (табл. 1).

У розчині № 1 сірчану кислоту можна замінити соляною або оцтовою, але кількість фтористого калію в такому разі треба збільшити до 10 масових часток. Поверхня після цього розчину ніжно-матова. Розчини № 2 і 3 роблять грубу матову поверхню. Травлять поверхню протягом 20...40 хв за температури 40...60 °С. Фтористі солі можна одержати, нейтралізуючи плавикову кислоту в процесі приготування травильного розчину. Спочатку 175 мл плавикової кислоти (40 %-ї) нейтралізують поташем, а потім додають ще 75 мл кислоти. Цим розчином обробляють скло. Під час приготування вказаних розчинів виділяється фтористий водень, який негативно діє на органи дихання, тому травлення потрібно виконувати у витяжній шафі.

Таблиця 1

Розчини для матування скла

Компоненти	Рецепти розчинів, масові частки		
	№ 1	№ 2	№ 3
Плавикова кислота	-	40	-
Фтористий калій	8	-	-
Фтористий амоній	-	100	100
Сірчана кислота (концентрована)	1	-	20
Сірчаноокислий амоній	-	-	100
Вода	100	100	100

Залежно від того, з якого боку скла потрібна матова поверхня, застосовують травильні розчини, в які занурюють скляний виріб, або використовують травильні пасти, які можна наносити з одного боку. Перед застосуванням розчинів або паст скляну поверхню треба обов'язково знежирити. Пасти для травлення доцільно приготувати за двома рецептами (табл. 2).

Таблиця 2

Пасти для травлення скла

Рецепт 1		Рецепт 2	
Компоненти	Масові частки	Компоненти	Масові частки
Фтористий калій	10	Фтористий амоній	10
Сірчаноокислий калій	4	Плавикова кислота (29 %-на)	15
Крохмаль (картопляний)	0,8	Сірчаноокислий барій	до сметано-подібного стану
Плавикова кислота	до пастоподібного стану	-	-

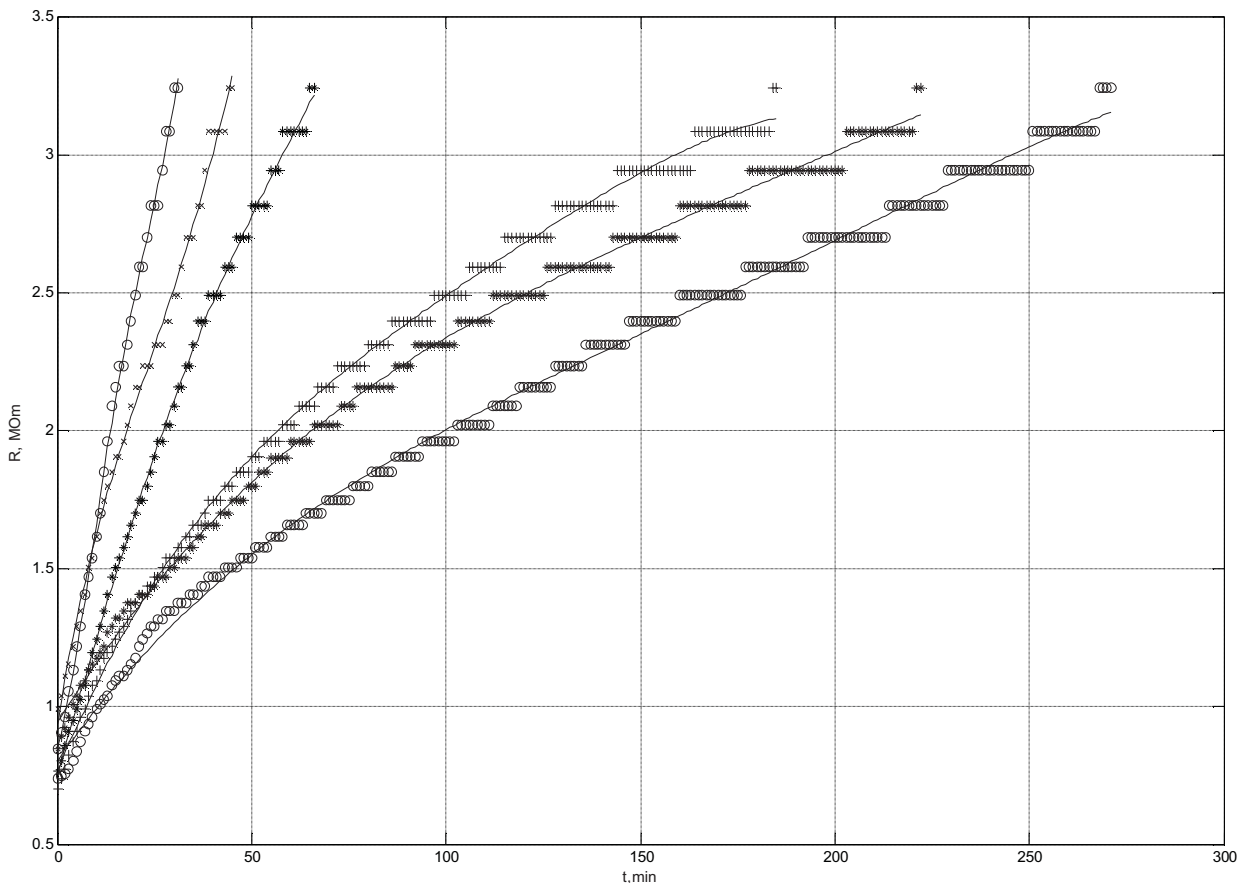
Для приготування травильної пасти у фарфоровій ступці розтирають і змішують усі сухі компоненти, а потім суміш пересипають у посудину, покриту всередині парафіном і додають кислоту. Пасту наносять на скло, тривалість обробки становить 20...30 хв, змивають пасту водою.

Місця на склі, які треба залишити чистими (отвори для фіксації переміщення плівки в трубці за допомогою оптичних давачів), закривають шаблонами з металу або парафінового паперу, або покривають захисним шаром лаку, на який плавикова кислота не діє.

Експериментальні дослідження мірних трубок. Поверхню мірної трубки витратоміра матували хімічним способом (розчин № 2, табл.1). Дослідження гладкої та матової трубок з метою їх порівняння полягало у вимірюванні електричного опору R шару плівкоутворювальної рідини, що утворюється на внутрішніх поверхнях мірних трубок внаслідок їх повного змочення. У трубках (гладкій та матовій) у верхньому та нижньому кінцях було вклеєно металеві кільцеві електроди. Як плівкоутворювальну рідину використано розчин: шампунь + вода (1:10) (за об'ємом). Довжина мірних трубок $l = 390$ мм, діаметр мірних трубок $d = 20$ мм.

Результати вимірювання електричного опору R шару рідини на внутрішній поверхні мірних трубок (гладкої та матової) відображено на рисунку. Збільшення електричного опору R шару плівкоутворювальної рідини на внутрішній поверхні мірної трубки свідчить про зменшення товщини цього шару, тобто його висихання та стікання.

Як бачимо з рисунка, матовість внутрішньої поверхні мірної трубки забезпечує у кілька разів більшу стійкість шару плівкоутворювача всередині трубки, а також більший період між вимірюваннями порівняно з гладкою трубкою, тим самим покращує експлуатаційні характеристики витратоміра.



Залежність електричного опору R шару плівкоутворювача на внутрішній поверхні мірної трубки від часу t : 1, 2, 3 – для гладкої трубки; 4, 5, 6 – для матової трубки

Варто відзначити, що через три доби шар плівкоутворювальної рідини всередині матової трубки залишився, а всередині гладкої трубки – повністю висох ($R = \infty$).

Висновки. Експериментальні дослідження підтвердили, що товщина шару плівкоутворювальної рідини залежить від внутрішньої поверхні мірної трубки витратоміра. Шорсткість (матовість) поверхні зменшує значення крайового кута, покращує змочуваність поверхні, а отже, забезпечує стійкість та постійність форми і геометричних розмірів шару плівкоутворювача всередині мірної трубки, що покращує точність та надійність вимірювання витрати газу, а також експлуатаційні характеристики плівкового витратоміра.

1. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества. – 4-е изд. – Л.: Машиностроение, 1989. 2. Френкель Б.А. Измерение малых и микрорасходов продуктов нефтехимических производств. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1973. 3. А.с. 1631285 СССР, G 01 F 1/42. Пленочно-пузырьковый расходомер / Н.Д. Дубовой, А.Ю. Илясов – № 4627415/10; Заявл. 28.12.88; Опубл.

28.02.91, Бюл. № 8. – 4 с. 4. Пат. 2 092 742 А Великобританії, G 01 P 5/18. Bubble flowmeter / Peter Small (Великобританія). – № 8104006; Заявл. 10.02.81; Опубл. 18.08.82. – 5 с. 5. Пат. 4.879.907 США, G 01 F 1/708. Soap film flowmeter / Dwight Patterson (США). – № 14.577; Заявл. 13.02.87; Опубл. 14.11.89. – 7 с. 6. Теплох З.М., Парнета О.З. Аналіз похибок плівкового витратоміра газу // Вимірювальна техніка та метрологія // Міжсвід. наук.-техн. зб. – Львів, 2003. – Вип. 62. – С. 114–120. 7. Теплох З.М., Парнета О.З. Вимірювальні бюретки плівкових витратомірів газу // Методи та прилади контролю якості. – 2000. – № 6. – С. 64–68. 8. Теплох З.М., Парнета О.З. Похибки визначення каліброваного об'єму в бюретці плівкового витратоміра // Вісник Нац. ун-ту «Львівська політехніка» «Теплоенергетика. Інженерія докілья. Автоматизація». – 2001. – № 432. – С. 121–125. 9. Зимон А.Д. Адгезия жидкости и смачивание. – М.: Химия, 1974. 10. Зимон А.Д. Адгезия пленок и покрытий. – М.: Химия, 1977. 11. Рачинский Ф.Ю. Техника лабораторных работ. – Л.: Химия, 1982.

УДК 621.315.2; 519.2; 517.8

П.С. Євтух, О.О. Вакуленко

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МОДЕЛЮВАННЯ ДЕФЕКТНОСТІ ІЗОЛЯЦІЇ ЕМАЛЬПРОВОДІВ ПІД ЧАС ВИГОТОВЛЕННЯ ОБМОТКОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ

© Євтух П.С., Вакуленко О.О., 2010

Розроблена методика випробувань ізоляції емальпроводів обмоткових елементів підвищеною напругою для оцінки ступеня їх дефектності методами статистичного аналізу.

Дефектність ізоляції емальпроводів – випробування підвищеною напругою – статистичні методи.

Worked out methods of tests of electric apparatuses' round winding wires isolation of electric disruptive strength for imperfectness degree by the methods of statistical analysis.

Isolation's imperfectness – electric disruptive strength – methods of statistical analysis.

Вступ. Відомі методики дослідження ізоляції емальпроводів за допомогою підвищеної напруги – так звані „скрутки” (ГОСТ 21428–75; IEC 317; DIN 46416; PN 89/E–90200; ТУ 16–705.110–79; ТУУ 313–20006134–015–2004 та ін.), двовузлова система з механічним розтягувальним навантаженням (JIS C 3003), двовиткова модель електротехнічної фірми „Vossloh Schwabe Urbach”.

Однак характерною ознакою цих методик випробувань є пробій ізоляції за схемою: „діелектрик – повітря – діелектрик”, причому в самому діелектрику – у місцях розташування дефектів. Оскільки довжина іонізованого розрядного проміжку під час таких випробувань залежить від багатьох чинників і змінюється в значних межах. Це зумовлює відповідний значний розкид напруг пробою. Тому вищенаведені методики можуть вважатись тільки оцінювальними, хоча й моделюючими частково окремі типи навантажень на ізоляцію емальпроводів протягом їх певних життєвих циклів. Реальний стан дефектності ізоляції ці методики не розкривають.

Варто зауважити, що жодна з відомих методик не дає змоги обґрунтовано вказати на ту ланку технології намотування обмоткових елементів, яка зумовлює появу дефектів ізоляції емальпроводів.

Постановка завдання. Ставиться завдання обґрунтування й розроблення методики випробувань емальпроводів, направленої на виконання завдання виявлення і опису реального стану