

УДК 69.002.5

МЕТОДИКА ЗАПИСУ ПОКАЗНИКІВ ТИСКУ РОЗЧИННОЇ СУМІШІ В РОЗЧИНОНАСОСІ ТА В НАПІРНІЙ МАГІСТРАЛІ**Є. А. Васильєв**Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
просп. Першотравневий, 24, м. Полтава, 36011, Україна. E-mail: vas.eugene@gmail.com

Пульсація тиску подачі розчинної суміші в напірному трубопроводі безумовно є шкідливим фактором, який погіршує техніко-економічні показники роботи розчинонасоса через підвищення опору переміщенню сумішей трубопроводами, а у випадку виконання соплування – до підвищення зворотних відскоків від поверхонь, що оброблюються. Для дослідження даного явища необхідно фіксувати значення пульсації тиску подачі залежно від часу, причому виконувати це за допомогою швидкодіючого обладнання, тому що повний цикл змін тиску подачі відбувається за проміжок часу 0,44 с. Описана методика реєстрації на ПЕОМ одночасно показників тиску розчинної суміші та переміщення робочого органа розчинонасоса, що дасть змогу порівняти між собою показники тиску, зафіксовані на різних ділянках напірної магістралі або камерах розчинонасоса, у конкретний момент робочого циклу.

Ключові слова: показники тиску, розчинонасос, напірна магістраль, розчинна суміш.

МЕТОДИКА ЗАПИСИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДАВЛЕННЯ РАСТВОРНОЇ СМЕСИ В РАСТВОРОНАСОСІ І В НАПОРНОЇ МАГІСТРАЛІ**Є. А. Васильєв**Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
просп. Первомайський, 24, Полтава, 36011, Україна. E-mail: vas.eugene@gmail.com

Пульсація тиску подачі розчинної суміші в напірному трубопроводі безумовно є шкідливим фактором, який погіршує техніко-економічні показники роботи розчинонасоса через підвищення опору переміщенню сумішей трубопроводами, а у випадку виконання соплування – до підвищення зворотних відскоків від поверхонь, що оброблюються. Для дослідження даного явища необхідно фіксувати значення пульсації тиску подачі залежно від часу, причому виконувати це за допомогою швидкодіючого обладнання, тому що повний цикл змін тиску подачі відбувається за проміжок часу 0,44 с. Описана методика реєстрації на ПЕОМ одночасно показників тиску розчинної суміші та переміщення робочого органа розчинонасоса, що дасть змогу порівняти між собою показники тиску, зафіксовані на різних ділянках напірної магістралі або камерах розчинонасоса, у конкретний момент робочого циклу.

Ключевые слова: показатели давления, растворонасос, напорная магистраль, растворная смесь.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Знижена пульсація тиску подачі є необхідною умовою використання розчинонасосів для механізації оздоблювальних робіт за сучасною комплексно-механізованою технологією.

Кількісне визначення даного показника для всього циклу роботи розчинонасоса, співставлення даних, отриманих на різних ділянках напірного трубопроводу та в камерах розчинонасоса дає змогу виконати аналіз та намітити шляхи щодо зменшення величин пульсації. Пульсація тиску подачі значною мірою підвищує опір переміщенню сумішей по трубопроводах. За даними [1], опір переміщенню розчинної суміші за наявності пульсації підвищується в 1,5 разу. Крім підвищення опору переміщенню розчинної суміші внутрішньою порожниною трубопроводу, пульсація подачі надто ускладнює, а при значному її рівні – робить практично неможливим механізоване нанесення штукатурних розчинів на оброблювані поверхні будівель методом безкомпресорного соплування.

Шкідливою виявляється пульсація тиску подачі й для умов роботи напірних розчинопроводів, особливо їх гумотканинних ділянок, які, вібруючи, можуть інтенсивно стиратися і, навіть, розриватися.

Запис величини пульсації тиску подачі та інших параметрів звичайно [2] проводився на будь-якому самопишучому приладі на паперову стрічку, подальше порівняння та аналіз даних з якою був кропітким.

Виходячи з вищесказаного, метою даної роботи є дослідження явища пульсації тиску подачі розчинної суміші, яке потребує сучасної методики отримання даних для проведення їх ефективного подальшого аналізу.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Для дослідження процесів, які відбуваються у робочих камерах розчинонасоса та гідравлічного компенсатора пульсації тиску, а також у напірній і всмоктувальній магістралях, що пов'язані зі зміною тиску під час перекачування будівельних розчинних сумішей, здійснювався запис діаграм зміни тиску залежно від часу. Одночасно із записом діаграм зміни тиску на різних ділянках розчинонасоса записувалися діаграми ходу поршня для можливості визначення початку та кінця циклів роботи розчинонасоса.

Зміни тиску розчинної суміші у часі носять динамічний характер і повинні фіксуватися швидкодіючою малоінерційною апаратурою, яка здатна реєструвати параметри із частотою, не меншою ніж 100 Гц, тому що при частоті подвійних ходів 135 за

хвилину повний цикл змін тиску подачі відбувається за проміжок часу 0,44 с. Описати процес зміни тиску можливо кількістю точок даних у межах 40–50 шт. за цикл, що є мінімально достатнім для побудови діаграм і докладного аналізу зміни параметрів.

Для реєстрації значень тиску застосовувався тензOMETричний метод, який полягає у закріпленні тен-

зометричних датчиків [3] (тип: ПКБ; $R = 202,0 \pm 0,3$ Ом) на сталевих мембранах клеєм. Деформація мембран і, відповідно, датчиків, призводить до зміни значення їх електричного опору, що фіксується вимірювальною апаратурою. Мембрани встановлювалися на ділянках магістралей чи камерах розчинона-
сосу, які досліджувалися (рис. 1).

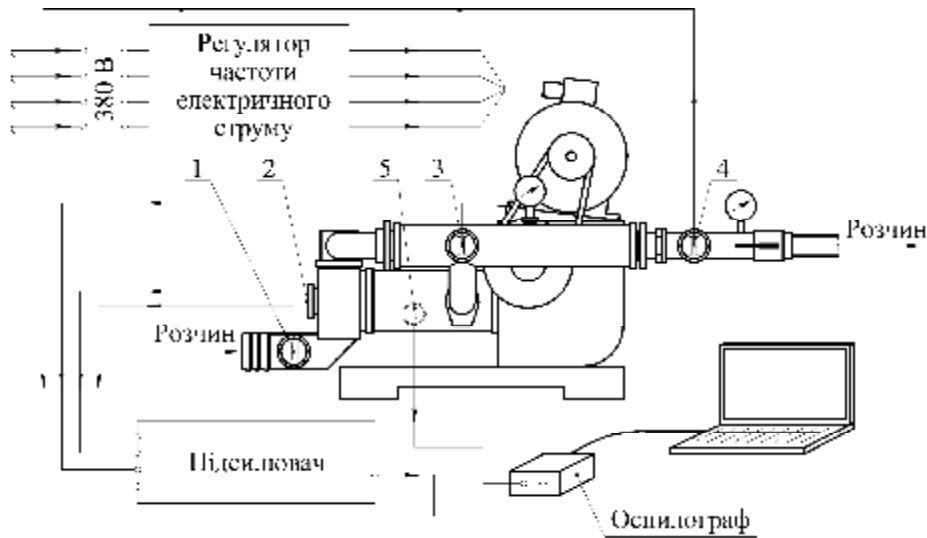


Рисунок 1 – Схема встановлення вимірювального обладнання: 1, 2, 3, 4 – місця встановлення тензOMETричних датчиків тиску, відповідно 1 – усмоктувальний патрубок; 2 – усмоктувальна робоча камера; 3 – робоча камера компенсатора; 4 – нагнітальний патрубок; 5 – датчик переміщення

Для отримання достовірних даних щодо змін тиску, мембрани встановлювалися у вертикальному положенні, для забезпечення постійного безпосереднього контакту із сумішшю, уникаючи ділянок накопичення повітря.

Для вибору товщини мембран, знаючи робочий тиск на кожній ділянці встановлення тензодатчиків [2], із рівняння (1) [4] визначалася величина радіальної деформації мембрани h при відомих товщині, діаметрі та характеристиках матеріалу, з якого вони виготовлялися.

$$\frac{p \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^4}{E \cdot d^4} - 5,86 \cdot \frac{h}{d} - 3,58 \cdot \left(\frac{h}{d}\right)^3 = 0, \quad (1)$$

де p – тиск у камері, Па; d – діаметр діафрагми, м; E – модуль пружності металу мембрани, Па; d – товщина мембрани, м.

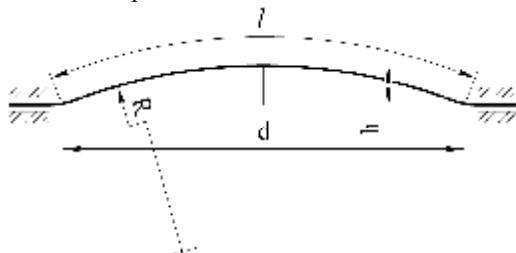


Рисунок 2 – Схема вимірювання вихідних даних для розрахунку величини відносної деформації e , % діафрагми

Діаметр мембран обирався конструктивно, виходячи з габаритів трубопроводів.

За величиною визначеної радіальної деформації h визначалася відносна деформація тензодатчиків e , %, і вибирався такий варіант товщини мембрани, при якому відносна деформація не перевищувала паспортного припустимого значення для тензOMETричних датчиків тиску – 0,3 %. Слід зазначити, що при значенні величини відносної деформації 0,3 %, матеріал мембрани працює в межах пружної деформації, відновлюючи свої розміри після зняття деформуючого зусилля.

$$e = \frac{l-d}{l} \cdot 100\%, \quad (2)$$

де l – довжина дуги поверхні діаметрального перерізу деформованої мембрани, м (довжина дуги сектора окружності із центральним кутом a); d – діаметр недеформованої мембрани, м.

$$l = R \cdot a, \quad (3)$$

де a – центральний кут окружності радіусом R , хордою для якого є діаметр недеформованої мембрани d , рад; R – радіус окружності, яку описує поверхня деформованої мембрани, м.

$$R = \frac{d^2 + 4 \cdot h^2}{8 \cdot h}, \quad (4)$$

де h – радіальна деформація мембрани, м.

$$a = 2 \cdot \arcsin \frac{d}{2 \cdot R}. \quad (5)$$

Підставляючи значення (3), (4) та (5) до виразу (2), отримуємо

$$e = \frac{100 \cdot d^2 + 400 \cdot h^2}{d^2 + 4 \cdot h^2} - \frac{400 \cdot d \cdot h}{(d^2 + 4 \cdot h^2)} \times \frac{1}{\arcsin \left(\frac{4 \cdot d \cdot h}{d^2 + 4 \cdot h^2} \right)}. \quad (6)$$

Наприклад, якщо використовувати такі вихідні дані: тиск $p = 2 \cdot 10^6$ Па; діаметр мембрани $d = 0,06$ м; товщина мембрани $d = 0,0005$ м; модуль пружності $E = 2,1 \cdot 10^5$ Па, то ми отримаємо значення радіальної деформації мембрани $h = 0,00154$ м, або 1,54 мм, відносна деформація e при цьому буде мати значення 0,18 %, що не перевищує граничної величини 0,3 %.

Таким чином, для проведення дослідів будемо використовувались мембрани діаметром 60 мм та товщиною 0,5 мм, виготовлені із сталі 50ХГА із модулем пружності $E = 2,1 \cdot 10^5$ Па, які забезпечували достатню чутливість вимірювання змін тиску.

Для запису експериментальних даних застосовувалися ПЕОМ із встановленою програмою реєстрації даних, отриманих з електронного USB-осцилографа IRIS (<http://ipribor.ru/content/view/16/46/lang.ru/>), який працював у режимі двоканального самописця, та підсилювач слабкого сигналу (рис. 1). Їх живлення відбувалося від елемента живлення з постійним струмом, що забезпечило відсутність наводок і шумів, зазвичай присутніх у лініях живлення зі змінним струмом.

Тензометричні датчики були підключені за загальноприйнятою схемою «мосту» (рис. 3). Резистори R_1 та R_3 розташовувалися безпосередньо на поверхні мембрани, а резистори R_2 і R_4 – на окремій пластині для температурної компенсації балансу мосту.

Напряга на вході схеми становила 1,5 В, на виході – орієнтовно 0,001 В, що замало для реєструючої апаратури, тому сигнал, що надходив із датчиків, установлених на мембранах 1–4 (рис. 1), попередньо підсилювався, щоб його рівень набув значення, яке може реєструватися електронним USB-осцилографом.

Дані з регульованого резистора 5, який використовувався для реєстрації переміщення поршня, надходили до осцилографа без підсилення, тому що резистор був установлений за схемою поділу напруги із джерела живлення 1,5 В і сигнал мав достатній для реєстрації рівень (0,5–1,5 В).

Тарування шкали показів електронного осцилографа-самописця відбувалося шляхом створення тарувальної таблиці, в якій порівнювалися покази повіреного манометра та величини напруги, значення якої отримували на самописці.

Для розширення діапазону дослідження процесів, що відбуваються під час роботи розчинонасоса, використовувався регулятор частоти електричного струму «ACS 300» фірми АВВ із максимальною потужністю 11 кВт і межами регулювання частоти від 0 до 100 Гц, який дозволяв плавно змінювати частоту обертання електродвигуна і, відповідно, частоту подвійних ходів поршня.

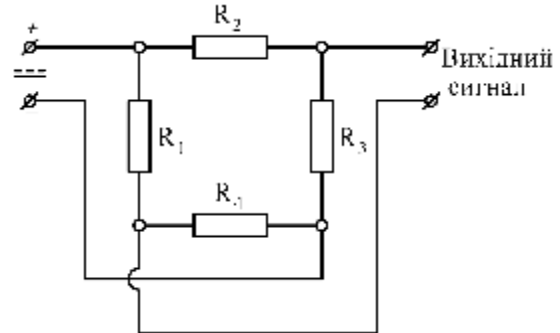


Рисунок 3 – Мостова схема підключення тензометричних датчиків

Побудову діаграм переміщення поршня виконували за даними, які знімалися з регульованого резистора (поз. 5 на рис. 1). Користуючись тим, що зміна опору регульованого резистора пропорційна зміні кута повороту шківів, встановленого на його осі, була використана конструкція пристрою для отримання координат переміщення поршня, наведена на рис. 4.

Замір величини переміщення відбувався таким чином: при обертанні кривошипа 1 шатун 2 через допоміжний стрижень 3 тягнув струну 4, яка охоплює шків із резистором 5 і обертає його. Діаметр шківів 5 обраний таким чином, щоб повний хід кривошипа відповідав повороту осі регульованого резистора орієнтовно на величину 200–250°. Обертання шківів при ході стрижня 3 вліво відбувається за рахунок дії пружини 5. За рахунок обертання шківів змінюється електричний опір резистора і відповідно напруга. Електрична схема датчика зображена на рис. 5. Зміна напруги фіксується електронним осцилографом. Період зміни напруги буде відповідати одному оберту кривошипа або подвійному ходу поршня, а амплітуда – величині ходу поршня.

Якщо зіставити початок циклу діаграми переміщення поршня з початком циклу будь-якої діаграми зміни тиску, то можливо аналізувати тиск у діапазоні характерних ділянок переміщення поршня, наприклад на ділянках біля «мертвих» точок. Також можливо синхронізувати декілька діаграм зміни тиску за допомогою діаграми переміщення, тобто однозначно задавати точки початку та кінця циклу.

На рис. 6 наведені графіки пульсації тиску розчинної суміші у нагнітальному патрубку розчинонасоса, отримані за описаною вище методикою.

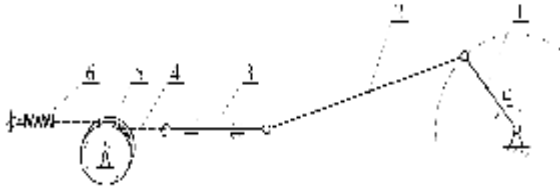


Рисунок 4 – Схема встановлення датчика переміщення: 1 – кривошип; 2 – шатун; 3 – допоміжний стрижень; 4 – капронова струна; 5 – регульований резистор із встановленим на його осі шківом; 6 – пружина розтягування



Рисунок 5 – Електрична схема підключення датчика переміщення

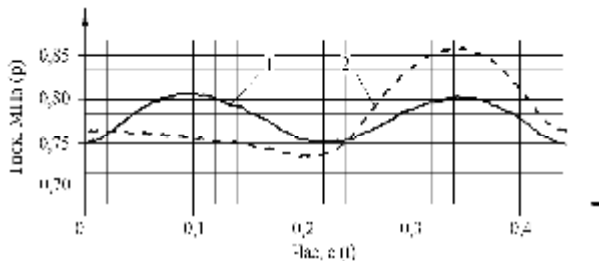


Рисунок 6 – Діаграми зміни тиску у нагнітальному патрубку розчинонасоса: 1 – диференціальний режим роботи; 2 – режим одинарної дії

ВИСНОВКИ. Запропонована методика отримання даних зміни тиску подачі розчинної суміші дозволяє проводити їх докладний аналіз. Значною перевагою порівняно із попередніми способами реєстрації параметрів є те, що їх отримання, запис та аналіз проводиться за допомогою ПЕОМ та значно розширює можливості оперування даними. Наприклад, можна на основі записаної діаграми переміщення поршня отримати графіки його швидкості та прискорення, намітивши ділянки циклу роботи, на які треба звернути більш пильну увагу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ивянский Г.Б. Транспорт строительных растворов по трубам. – М.: Госстройиздат, 1957. – 187 с.
2. Коробко Б.О. Дослідження робочих процесів розчинонасоса з комбінованим законом руху проточного плунжера: дис... канд. техн. наук: 05.05.02 / Коробко Богдан Олегович. – Полтава, 2002. – 166 с.
3. ГОСТ 21616–91. Тензорезисторы. Общие технические условия. – Взамен ГОСТ 21616–76. Введ. 01.01.92. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 16 с.
4. Кукоба А.Т. Гідропривідний розчинонасос подвійної дії: дис... канд. техн. наук: 05.05.02 / Кукоба Анатолій Тихонович. – Полтава, 2000. – 142 с.
5. Расчет упругих элементов машин и приборов / С. Д. Пономарев, Л. Е. Андреева. – М.: Машиностроение, 1980. – 326 с.

RECORD TECHNIQUE OF MORTAR MIX PRESSURE YARDSTICKS IN A MORTAR PUMP AND IN A FORCE MAIN

E. Vasyliiev

Poltava National Technical Yurii Kondratiuk University

Ave. Pershotravnevyj, 24, Poltava, 36011, Ukraine. E-mail: vas.eugene@gmail.com

Pressure pulsations of solution feeding in a force main are, certainly, a harmful factor, that impair technical-and-economic index of a mortar pump's work due to commixture drag increase in a pipework, and in case of flow diffusing accomplishment – can even lead to increase of back rebound from job surfaces. For the investigation of this effect it is necessary to register the value of delivery pressure fluctuation depending on time, by use of quick-acting equipment, as the total cycle of delivery pressure changes is under way during 0.44 second. The author of the article has described the recording procedure of mortar mix pressure values and handling of a mortar pump's movable object on a personal computer at the same time, what may enable the comparison of pressure values, recorded at the different divisions of a force main or in different boxes of a mortar pump at the certain moment of the on-stream time.

Key words: pressure yardsticks, mortar pump, force main, mortar mix.

REFERENCES

1. GOST 21616-91. *Resistive-strain sensor. General entry specifications.* – Instead of GOST 21616-76. Put in place 01.01.92. – М.: Standards Press, 1991. – 16 p. [in Russian]
2. Ivyansky G.B. *Transportation of mortar through the pipes.* – Moscow: Gosstroyizdat, 1957. – 187 p. [in Russian]
3. Korobko B.O. *Working process of mortar pump with combined law of motion flow plunger research:* Dis ... candidate of sciences, Engineering: 05.05.02 / Korobko Bogdan Olegovich. – Poltava, 2002. – 166 p. [in Ukrainian]
4. Kukoba A.T. *Hydraulically actuated double action mortar pump:* Dis ... candidate of sciences, Engineering: 05.05.02 / Kucoba Anatoly Tikhonivych. – Poltava, 2000. – 142 p. [in Ukrainian].
5. *Elastic elements of machines and indicators calculation* / S.D. Ponomarev, L.E. Andreeva. – Moscow: Machinostroyenie, 1980. – 326 p. [in Russian]

Стаття надійшла 29.11.2012.

Рекомендовано до друку
д.т.н., проф. Масловим О.Г.