

сати попередньо у нього максимальне значення коду (для двійкового коду  $N$  у всі розряди записати логічні одиниці) і вхідні імпульси подавати у режимі віднімання.

**6. Висновки.** Запропонована нами схема вимірювального перетворювача ємність—код (рисунок) дає змогу перетворювати ємності від одиниць пікофарад до десятків мікрофарад; у першому випадку вмикаємо ємнісний давач замість дозуючого конденсатора  $C_d$ , а в другому — замість накопичуючого конденсатора  $C_n$ .

З виконаного нами комп'ютерного моделювання вимірювальних перетворювачів ємності за схемою рисунка впливає таке:

1. Щоб не знижувалася точність перетворення при збільшенні ємностей конденсаторної комірки, тривалості імпульсів ФІП і ОВ треба збільшувати, причому при значеннях ємностей конденсаторів накопичуючого до 1 мкФ і дозуючого до 1 нФ тривалість імпульсів Ф1 і Ф2 має задаватися не меншою ніж 1,25 мкс, а для ОВ — 0,18 мкс.

2. При збільшенні значення вихідного коду  $N$  зростають похибка та час перетворення, причому для  $N \leq 1000$  похибка та час перетворення не перевищують відповідно 0,1 % і 2 мс.

1. Мулявка Я. *Схемы на операционных усилителях с переключаемыми конденсаторами*. — М., 1992.
2. Гауси М., Лакер К. *Активные фильтры с переключаемыми конденсаторами*. — М., 1986.
3. А.с. 949663 (СССР). *Способ определения логарифма* / З.Р. Мычуда, В.Б. Дудыкевич // Б.И. — 1982, № 29.
4. А.с. 1157551 (СССР). *Логарифмический аналого-цифровой преобразователь* / В.Б. Дудыкевич, З.Р. Мычуда, В.И. Нечепоренко // Б.И. — 1985. — № 19
5. А.с. 1425726 (СССР). *Логарифмический аналого-цифровой преобразователь* / З.Р. Мычуда, В.П. Лукашевич // Б.И. — 1988, № 35.
6. Мычуда З.Р. *Підвищення точності та швидкодії послідовних логарифмічних АЦП з перерозподілом заряду* // Книга за матеріалами 4-ї міжнародної НТК "Контроль і управління в технічних системах". У 3-х томах. Т. 2. — Вінниця, 1997.
7. Мычуда З.Р., Пискозуб А.З. *A charge redistribution analog-to-digital converters modelling* // *International Workshop on ADC MODELLING. PROCEEDINGS. House of Scientists, Smolenice Castle, Slovak Republic, May 7—9, 1996*. — P. 100—105.
8. Мычуда З.Р. *Аналого-цифрові перетворювачі з логарифмічною характеристикою перетворення. Огляд. Частина 1* // *Вимірювальна техніка і метрологія*. — Л., 2000. — Вип. 56. — С. 94—100.
9. Мычуда З.Р. *Аналого-цифрові перетворювачі з логарифмічною характеристикою перетворення. Огляд. Частина 2* // *Вимірювальна техніка і метрологія*. — Л., 2000. — Вип. 57. — С. 14—25.

УДК 532.54

А. Накорчевський, Б. Басок, М. Мартиненко  
Інститут технічної теплофізики НАН України

## ДИНАМІКА ДЕФОРМУВАННЯ ГУМОВОЇ МЕМБРАНИ В ПУЛЬСАТОРІ КАМЕРНОГО ТИПУ

© Накорчевський А., Басок Б., Мартиненко М., 2004

**Design equation and experimental data of sagging rubber membranes of pneumo-pulse apparatus are presented. Simulation data and experimental results satisfactorily coincide.**

Пульсатори камерного типу використовують для процесів перемішування в різних галузях господарства. Математичну модель роботи таких пристроїв викладено в [1—3]. Схему основного робочого вузла пристрою зображено на рис. 1.

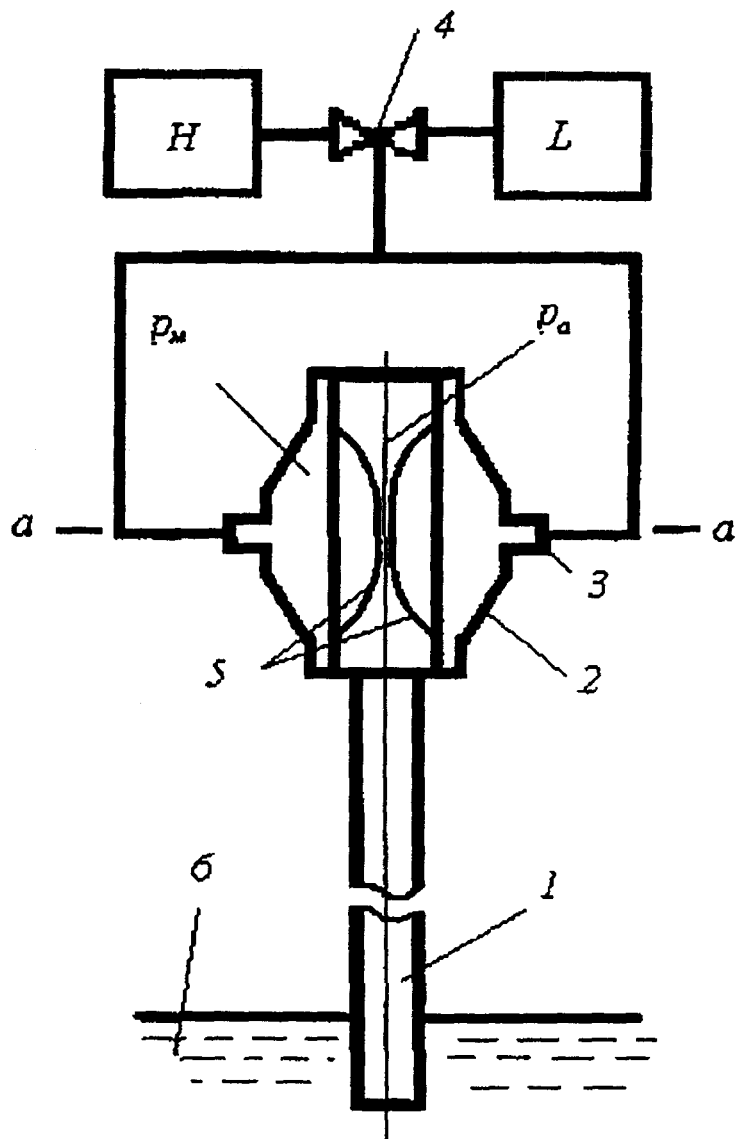


Рис. 1. Схема пульсаційного вузла пульсатора камерного типу

Принцип дії пристроїв такого типу такий. Канал 1 з'єднує камеру 2 та суспензію 6, що переміщується. В камері 2 розміщені дві гумові мембрани 5, які під дією тиску або вакууму ініціюють рух суспензії в каналі 1. Камера обладнана патрубками 3 та електромагнітними клапанами 4, що здійснюють підключення камери до робочих газових ресиверів R та L. Основний технологічний ефект пристрою пов'язаний з різким гальмуванням потоку в каналі у разі притискання мембран до внутрішніх бокових поверхонь камери і при граничному їх стані в серединній площині камери, що викликає явища типу гідравлічного удару.

Для моделювання гідродинамічних процесів в таких пристроях та розрахунку їх роботи необхідно встановити зв'язок між тиском та витратою. У [3] подано ці залежності для періодів наповнення та спорожнювання, окрім стадії стиснення мембран в серединній площині. У роботі розглядається саме цей випадок, схему якого зображено на рис. 2. При зсуві мембран до серединної площини камери відбувається їх зіткнення в центральній точці, коли центральний прогин  $W_0$  дорівнює  $h$  з подальшим "сплощенням" зони контакту, котра характеризується радіусом  $r_0$ . Значення  $h$  стали та визначається конструктивним розміром камери.

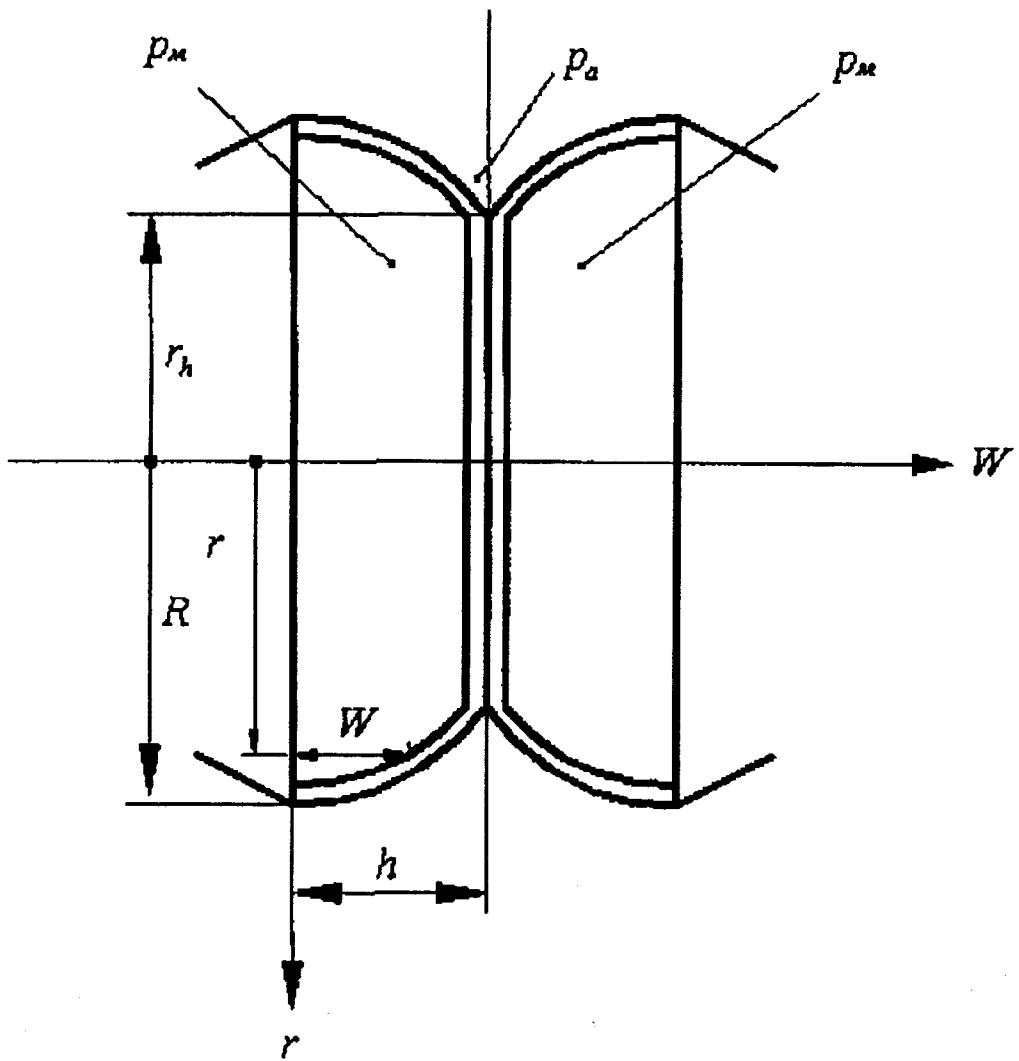


Рис. 2. Спільне деформування мембран

Результівний перепад тиску на мембрані Ар визначається співвідношенням

$$\Delta p = p_m - p_a = 2\sigma \frac{bR}{R^2 - r_h^2} \sin \alpha,$$

де  $\sigma$  — напруження розтягу гуми,  $b$  — товщина мембрани.

Під час експлуатації пульсаторів гума, як правило, набуває залишкову деформацію. Величину цієї деформації можна охарактеризувати центральним прогином в ненапруженому стані  $W_{od}$ . З його врахуванням результатівний перепад тиску на мембрані  $\Delta p$  буде визначатися за формулою:

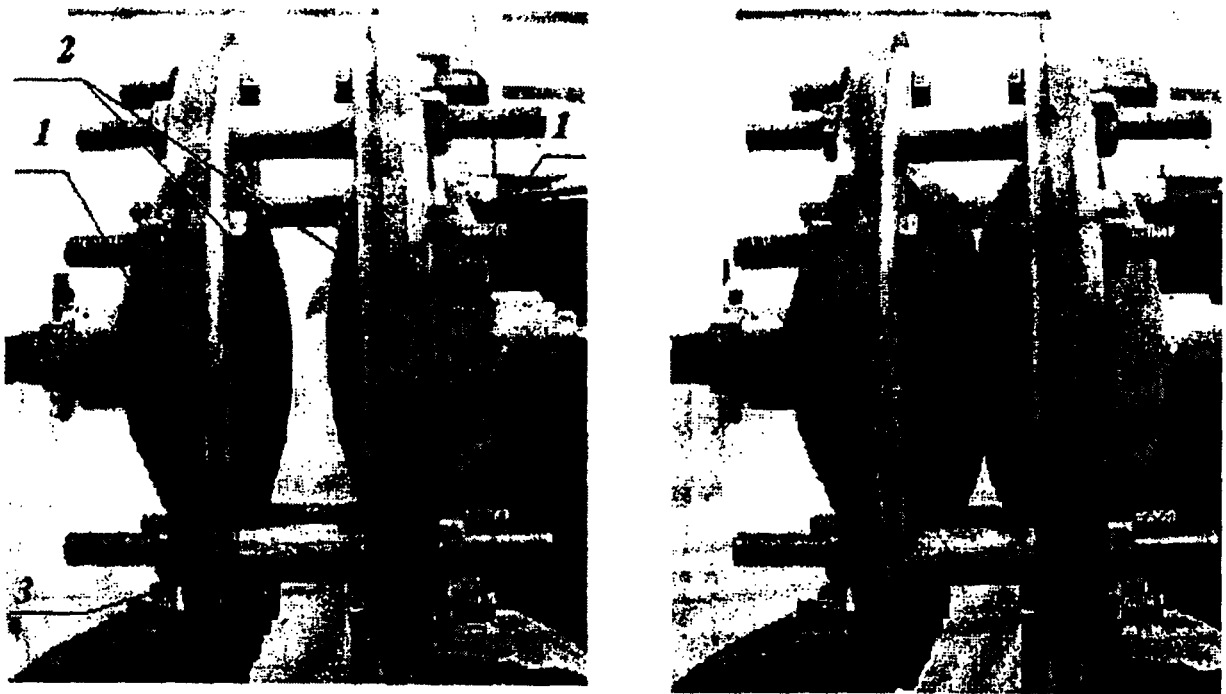
$$\Delta p = \left( \frac{2\sqrt{R^2 h^2 + 0.25(R^2 - r_h^2 - h^2)^2} + r_h^2}{R^2 + W_{od}^2} - 1 \right) \frac{bRE_p}{(R^2 - r_h^2)\sqrt{R^2 h^2 + 0.25(R^2 - r_h^2 - h^2)^2}}.$$

Для перевірки наведених вище викладок були здійснені дослідження з деформування мембран в робочій камері пульсатора.

Для візуалізації процесу з камери зняли центральну обичайку з каналом (рис. 3). Конічні обкладки 1 камери, за допомогою вставок 3 встановили на відстані, що відповідає ширині циліндричної обичайки. У такий спосіб прогини мембран стали доступні для візуалізації і вимірів.

Подача робочого газу здійснювалася через ресивер і темп зміни тиску регулювався вентилям газowego тракту. Тиск вимірявся зразковим манометром типу МО. Тиск у камері  $p_a$  був сталим і відповідав атмосферному. Фотографували прогини мембран цифровою фотокамерою "Fugifilm C-800". На отриманих зображеннях за допомогою комп'ютера вимірялися координати лінії прогинів.

Методика виконання дослідів полягала в такому. Двоходовий кран, що з'єднує камеру з ресивером, перекривався. Ресивер високого тиску наповнявся стисненим повітрям. Попередньо фотографували вихідне положення мембрани. Двоходовий кран встановлювався в положенні малої витрати повітря, темп зміни тиску в камері не перевищував 30 Па/с. В міру збільшення тиску виконувалось фотографування і фіксувалися значення надлишкового тиску  $\Delta p = (p_m - p_a)$ . Після досягнення максимального тиску в камері  $p = 80 \cdot 10^3$  Па тиск зменшувався і виміри здійснювались в зворотному напрямку. Мембрани виготовлялися з гуми товщиною  $b = 6,9 \cdot 10^{-3}$  м та радіусом  $R = 0,07$  м. Попередньо експериментально було визначено модуль пружності  $E_p = 2,1 \cdot 10^6$  Па.



*Рис. 3. Розташування мембран при їх незалежному та спільному деформуванні*

На рис. 3 подано фотографії мембран до і після їх дотику. Легко перекопати в сферичності поверхонь, що деформуються в обох випадках. Основні виміри виконували на правій половині камери. Тому об'єктив фотокамери фокусували на центральну точку правого фланця, через що візуально прогин мембрани на лівій половині здається більшим. На рис. 4 наведено результати дослідів щодо спільного деформування мембран при  $W_{0d} = 11 \cdot 10^{-3}$  м. Крім кривої 1, розрахованої відповідно до (2), тут подано відомості про  $\sin \alpha$  (крива 2) і відносної деформації  $(S - S_0)/S_0$  (крива 3). Результати зіставлень свідчать про коректність виконаного вище аналізу.

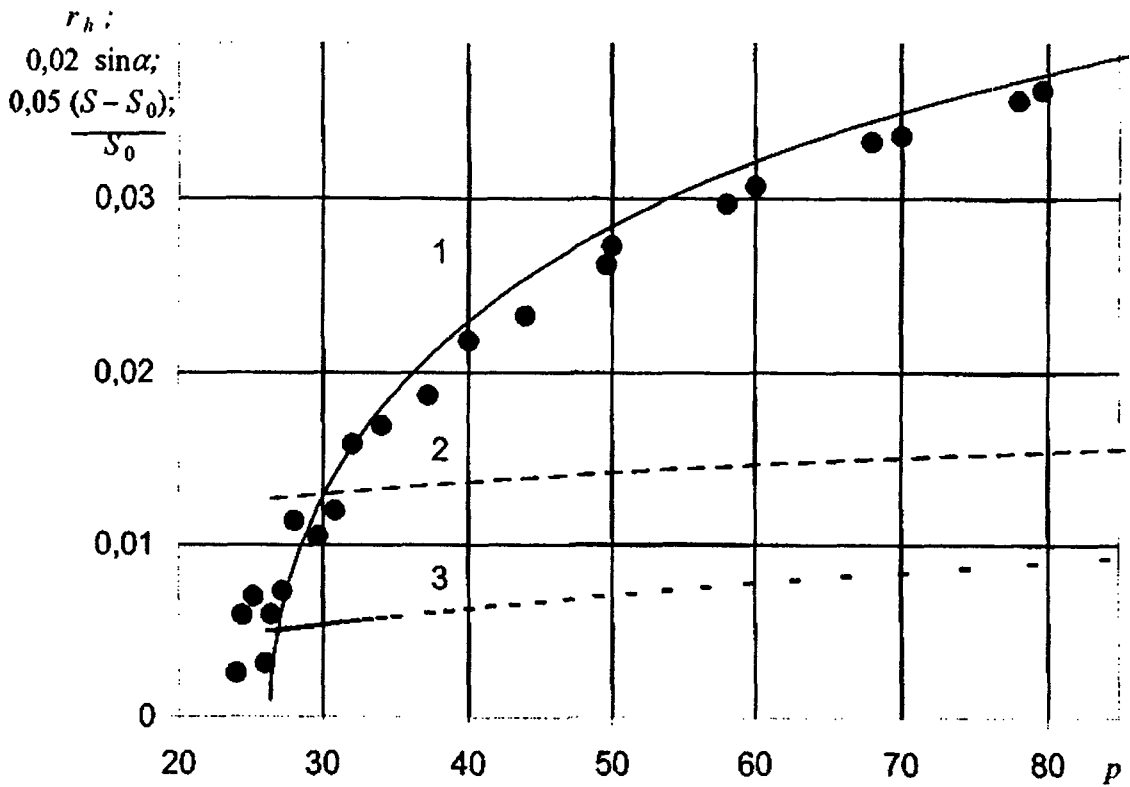


Рис. 4. Зміна радіуса зіткнення мембран  $r_h$  (1), функції  $0,02 \sin \alpha$  (2) та відносної деформації  $0,05 (S - S_0)/S_0$  (3), • — дослідні точки  $r_h$

Якщо під час роботи пульсатора мембрани набувають значні, залишкові деформації  $W_{od}$ , то можливе утворення між корпусом камери і мембраною газової порожнини, що перешкоджає щільному дотику мембрани та корпусу. Ця порожнина демпфірує ударну дію раптової зупинки потоку в з'єднувальному каналі і знижує технологічний ефект обробки середини. Для запобігання негативних наслідків варто надавати внутрішній поверхні камери сферичної форми і виконувати контрольні розрахунки за викладеною вище методикою з урахуванням прогнозованого значення  $W_{od}$ .

Запропоновано методику розрахунку прогинів гумових мембран у пульсаторах камерного типу при незалежному і спільному їхньому деформуванні з обліком можливої вихідної залишкової деформації, що виявляється під час експлуатації устаткування. Результати розрахунків підтверджуються дослідними даними.

1. Чайка А.М., Мартыненко М.П. Экстракция из растительного сырья при пульсациях среды // Труды 1-й междунауч.- практ. конф. "Современные энергосберегающие тепловые технологии". — М., 2002. — Т. 3. — С. 242—246. 2. Басок Б.Й., Чайка А.Й., Мартыненко М.П. Пневмопульсационное экстрагирование компонентов из твердого тела в жидкость // Тези доповідей міжн. наук.- метод. конференції "Стратегічні напрямки розвитку підприємств харчових виробництв і торгівлі". — Харків, 2001. — С. 179—180. 3. Накорчевский А.И., Басок Б.Й., Чайка А.Й. Пульсаторы с переменной геометрией рабочего объема и влияние обрабатываемых композитов на динамические характеристики пульсаторов // ИФЖ. — 1998. — Т. 71. — № 5. — С. 775—783.