

---

## АВТОМАТИЧЕН КОНТРОЛ И ИЗМЕРВАНЕ НА РАЗХОД И КОЛИЧЕСТВО

# 8

*Цел на упражнението е запознаване на студентите с устройството, принципа на действие и изследването на уреди за измерване на разход и количество на флуиди - газове и течности.*

### ТЕОРЕТИЧНИ ПОЛОЖЕНИЯ

Контролът и измерването на разхода и количеството е от важно значение за управлението на производствените процеси.

Разходът се дефинира като количеството вещество, преминало за единица време през дадено сечение, независимо от формата му. Измерва се в единици за маса или обем за единица време -  $kg/s$ ,  $kg/h$ ,  $m^3/s$ ,  $m^3/h$  и др..

Между масовият  $G$  и обемният дебит  $Q$  има връзка чрез плътността на контролираната среда  $\rho$ :

$$G = \rho \cdot Q \quad (8.1)$$

Количеството  $q$  се изразява чрез интегралната стойност на разхода за определен интервал от време. Измерва се в единици за обем или маса –  $\ell$ ,  $m^3$ ,  $g$ ,  $kg$  и др..

Измерването и контролът им е от особена важност за производството на хранителни продукти по следните причини:

- управление на количественото съотношение на отделните суровини, материали и полуфабрикати за получаване на краен продукт с определени потребителски качества и икономически показатели;

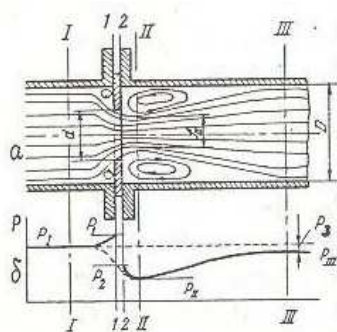
- дозиране на готовата продукция в търговска опаковка.

Специфичните особености на производствените процеси в хранително-вкусовата промишленост определят и голямото разнообразие на уредите за измерване на разход и количество на флуиди и твърди вещества.

По принципа на действие разходомерите се класифицират на следните основни видове:

1. Разходомери с променлив пад на налягането;
2. Обтекаеми с постоянен пад на налягането;
3. Тахометрични;
4. Индукционни (електромагнитни);
5. Ултразвукови и др.

При измерване на количество разходомерите се комплектоват с подходящ брояч (интегриращо устройство). Количеството на контролираната среда за даден интервал от време се определя по разликата в показанията на брояча в края и началото на измервания интервал.



Фиг. 8.1

**Разходомери с променлив пад на налягането.**

Те измерват разхода по скоростта на протичане на флуида през специално стесняващо (дроселиращо) устройство поставено на пътя му - фиг. 8.1. За разхода се съди по разликата в статичните налягания преди и след дроселиращото устройство.

От уравнението на Бернули и това за непрекъснатост на струята, след известни преобразувания и опростявания за обемния дебит се достига до зависимостта:

$$Q = \alpha \gamma F_o \sqrt{2(P_1 - P_2) / \rho}, \quad (8.2)$$

където:  $Q$  е обемен дебит;  $\rho$  - плътност на флуида;  $F_o$  – сечение на отвора на стесняващото устройство;  $P_1$  и  $P_2$  статични налягания преди и след стесняващото устройство;  $\alpha$  – коефициент на разхода;  $\gamma$  – коефициент на разширение на флуида (за течности  $\gamma=1$ ; за газ и пара  $\gamma < 1$ ).

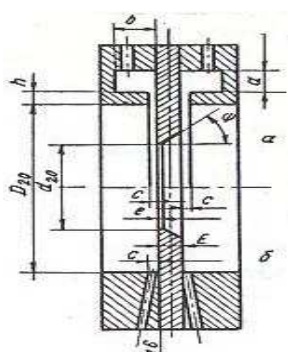
Разликата  $\Delta P$  се измерва с диференциален манометър, градуиран в единици за разход.

„Отсяването“ на статичната компонента на налягането се постига с използването на пръстеновидни демпфиращи камери фиг. 8.2, (фиг. 8.3) – а, или диаметрално разположени по периферията отвеждащи отвори пред и след стесняващите устройства - фиг. 8.2 (фиг. 8.3) - б.

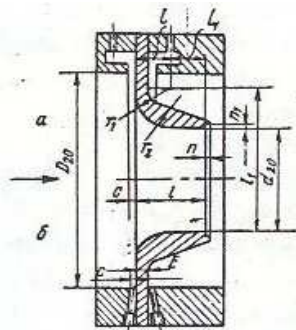
Като стесняващи устройства най-често се използват диафрагма (фиг. 8.2), дюза (фиг. 8.3), къса или дълга тръба на Вентури (фиг. 8.4) и по – рядко сегментни диафрагми.

Предимства на посочените технически средства за измерване на разход са:

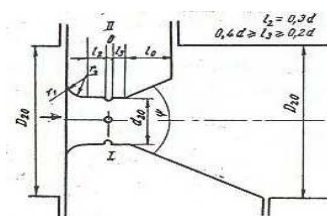
- висока точност, при проста техническа реализация;
- възможност за измерване на разхода на агресивни флуиди, както и на такива с механични примеси;
- веднъж оразмерени за съответен режим на работа (технологични параметри на флуида) са практически вечни.



Фиг. 8.2



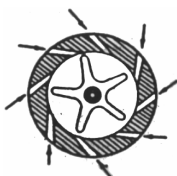
Фиг. 8.3



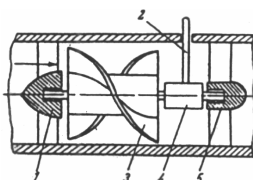
Фиг. 8.4



Фиг. 8.5 а



Фиг. 8.5 б



Фиг. 8.6

### Турбинни разходомери за течности.

Принципът на действие на тези разходомери се основава на преобразуването на кинетичната енергия на флуида в честота на въртене на чувствителния елемент – турбинка.

При фиксирано сечение на тръбопровода и дадена скорост на флуида, през измерващото устройство преминава точно определен обем от контролираната среда.

Разходомерите се изработват като едноструйни (фиг. 8.5а) или многоструйни (фиг. 8.5б), с тангенциална (фиг. 8.5а, 8.5б) или аксиална турбинка (фиг. 8.6), където 1 и 5 са лагеруващи опори на турбинката 3, а 2 и 4 са конструктивни елементи за извеждане на текущата информация.

Връзката между честотата на въртене на ротора  $n$ , при аксиална турбинка и тази на разхода на флуид е:

$$n = k \frac{Q}{l \cdot F} = k_1 \cdot Q, \quad (8.3)$$

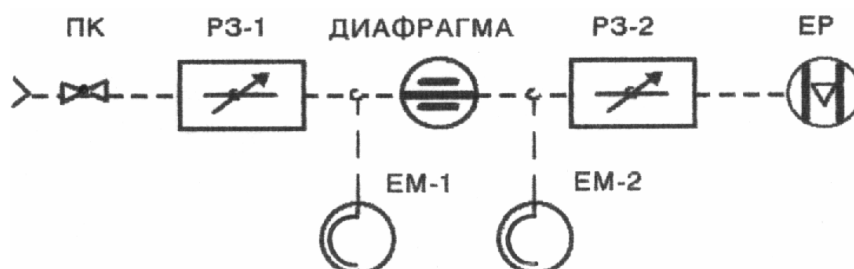
където  $l$  е стъпката на лопатките на турбинката,  $F$  е сечението на потока, а  $k$  е константа на възприемащия елемент.

Комплектоването на тези разходомери с брояч (водомери) дава възможности за реализиране и на уреди за измерване на количество.

### МЕТОДИЧНИ УКАЗАНИЯ

#### Изследване на разходомер с променлив пад на налягането.

Схемата на опитната постановка е показана на фиг.8.7. Изследването на разходомера се провежда в следната последователност:



Фиг. 8.7 Схема на опитната постановка

1. Студентите се запознават с техническите средства за автоматизация от фиг. 8.7 и реализират опитната постановка;

2. Ръчни задатчици P3-1 и P3-2 се установяват в положение „затворено”

(**обратно на часовата стрелка!**). Отваря се пневматичен кран ПК (по указание на ръководителя на упражнението). Еталонните манометри EM-1 и EM-2 следва да показват нула;

3. С помощта на P3-1 се установява показание на EM-1 - 96 *kPa* (60 деления по скалата на уреда - виж константите на EM-1 и EM-2);

4. Чрез P3-2 се задават стойности на разхода в изследвания диапазон като се следят показанията на еталонния разходомер (EP);

5. Отчита се показанието на EM-2 при фиксирана стойност на показанието на EM-1 – това от т.3;

Операциите по т.4 и т.5 се повтарят и за други стойности на разхода. Резултатите се нанасят в таблица 8.1.

### **Изследване на турбинен разходомер.**

Постановка на опита - стенд с турбинен разходомер с аксиална турбина на фирма: „Farnell” №IS 560-121/1 (Англия) и контролер MS8104 на фирма „Микросист” в режим на работа - брояч на импулси за време.

*Последователност на работа:*

1. Подава се захранващо напрежение към измервателния уред.

2. Пропуска се флуид през възприемачия елемент при минимално отваряне на водопроводния кран. Чрез еднократно натискане и отпускане на бутон „**Mode**” се извежда показание на цифровия дисплей, отговарящо на разхода на флуид (индикатор  $K_2$  - включен).

3. Задава се определен разход (по указание на ръководителя на упражнението).

4. Постава се изтичащият шланг над еталонния мерителен съд и едновременно с това се включва хронометър ( $t_{нач}=0$ ). Следи се показанието на разходомера. При значими отклонения на разхода от зададената стойност, опитът се повтаря.

5. След напълване на еталонния мерителен съд до горно ниво (без преливане) хронометърът се стопира ( $t_{кр}$ ).

Операциите по т.3, т.4 и т.5 се повтарят и за други стойности на разхода. Резултатите се нанасят в таблица 8.2.

### **Изследване на турбинен уред за количество.**

Изследва се работата на турбинен уред „Farnell” №IS 560-121/1 и цифров интегратор MS8104. При съвместното им използване се реализира уред за измерване на количество.

*Ред на провеждане на упражнението:*

1. Натиска се и се отпуска еднократно бутон „**Mode**”. По този начин се избира режим на работа - измерване на количество (свети светодиод  $K_1$ ).

2. Постава се изтичащият шланг над еталонния мерителния съд и едновременно с това се отчита показанието на индикаторния дисплей.

3. При напълване на еталонния мерителен съд до горния ръб (без преливане) се отчита отново показанието на индикаторния дисплей.

Операциите по т.2 и т.3 се повтарят и за други стойности на разхода. Резултатите се нанасят в таблица 8.3.

## ОПИТНИ ДАННИ И РЕЗУЛТАТИ

## 1. Изследване на разходомер с променлив пад на налягането.

Таблица 8.1

$Q_{\partial}$ л/ч	$P_1$ кПа	$P_2$ кПа	$\Delta P$ кПа	$Q_u$ л/ч	Приведена грешка $\varepsilon$ , %
300					
350					
...					
550					
600					

Измереният обемен разход  $Q_u$  и приведената грешка  $\varepsilon$  се изчисляват аналитично по:

$$Q_u = 130\sqrt{\Delta P}, \text{ л/ч}; \quad \Delta P, \text{ кПа}; \quad Q_{\max} = 1000 \text{ л/ч}; \quad Q_{\min} = 200 \text{ л/ч};$$

$$\varepsilon = \frac{Q_u - Q_{\partial}}{Q_{\max} - Q_{\min}} \cdot 100, \%. \quad (8.4)$$

Построява се статичната (градуировъчната) характеристика на измервателната диафрагма  $Q_u = f(\Delta P)$ .

## 2. Изследване на турбинен уред за измерване на разход.

Таблица 8.2

№ на опита	$t_{кр}$ min	$t_{нач}$ min	$\Delta t$ min	$Q_u$ л/min	$Q_{\partial}$ л/min	Приведена грешка $\varepsilon$ , %
1						
2						
...						

Действителната средна стойност на разхода -  $Q_{\partial}$ , за интервала от време  $\Delta t = t_{кр} - t_{нач}$ , (при  $t_{нач} \neq 0$ ) или  $\Delta t = t_{кр}$ , (при  $t_{нач} = 0$ ), се изчислява с помощта на (8.5):

$$Q_{\partial} = \frac{V_{емс}}{\Delta t}, \text{ л/min}, \quad (8.5)$$

където  $V_{емс} = 3 \text{ л}$  е обемът на еталонния мерителен съд,  $\Delta t$  е времето за напълването му в дименсия *min*, а  $Q_u$  е показанието на изследвания разходомер в *л/min*.

Приведената грешка на разходомера се определя по формулата (8.4) за  $Q_{\max} = 20 \text{ л/min}$ ;  $Q_{\min} = 1 \text{ л/min}$ .

### 3. Изследване на турбинен уред за количество.

Таблица 8.3

№ на опита	$q_{кр}$ $л$	$q_{нач}$ $л$	$q_u$ $л$	$q_д$ $л$	Приведена грешка $\varepsilon, \%$
1					
2					
...					

Показанието на уреда за измерване на количество в началото е  $q_{нач}$ , а в края – съответно  $q_{кр}$ . Измереното количество флуид  $q_u = q_{кр} - q_{нач}$ , а действителното количество,  $q_д = V_{емс}$ ,  $л$ .

Приведената грешка се изчислява по израза:

$$\varepsilon = \frac{q_u - q_д}{q_{max} - q_{min}} \cdot 100, \%; \quad q_{max} = 100 \text{ л}, \quad q_{min} = 0 \text{ л}.$$

Анализират се получените резултати и се правят съответни изводи за точността на изследваните разходомери и уреди за измерване на количество.

#### ВЪПРОСИ И ЗАДАЧИ

1. Класифицирайте разходомерите по принцип на действие.
2. Уточнете разликата между разходомер и уред за измерване на количество.
3. Пояснете принципа на действие на разходомера с променлив пад на налягането.
4. Обяснете принципа на работа на турбинния разходомер.
5. Има ли връзка между субективните грешки при измерванията и получените крайни резултати относно точността на изследваните технически средства за автоматизация?