

Вплив турбулентності потоку на визначення швидкості електрохімічним перетворювачем швидкості

В статті обґрунтовано можливість роботи електрохімічного перетворювача швидкості датчика витрат молока в умовах турбулентного потоку молока в молокопроводі при обраних конструктивних параметрах.

електрохімічний перетворювач швидкості, датчик витрати молока, молокопровід, граничний шар, дифузійний шар, в'язкий шар

Продуктивність корів є одним з вихідних параметрів, які використовуються для впровадження сучасних методів автоматизованого управління на молочній фермі. Точність її оцінки і прогнозування стає визначальним параметром для автоматизації процесу молоковидедення. Використання для таких цілей традиційних принципів вимірювання рідин у потоці ускладнюється властивостями газорідинної суміші, якою є молоко в молокопроводі, різною інтенсивністю молоковіддачі, нерівномірністю перерізів потоків у молокопроводі, вакуумним режимом установки та ін. Основними вимогами до таких пристроїв є їх надійність, точність, швидкодія, здатність до роботи в умовах ферми, простота в обслуговуванні. Датчики, що використовуються на даний час, не в повній мірі задовольняють вищеперераховані вимоги. Побудова проточного датчика, що відповідав би поставленим вимогам є актуальною задачею над вирішенням якої працюють вчені як в Україні, так і за кордоном [1,2,3].

Мета даної статті, дослідити вплив турбулентного потоку молока в умовах молокопроводу на вимірювання швидкості датчиком витрат молока, що реалізує спосіб описаний в [3] та обґрунтувати можливість його використання в таких умовах.

Спосіб описаний в [3] дозволяє побудувати проточний датчик витрат молока на основі двох перетворювачів, які вимірюють складові витрати: швидкість та перетин потоку.

Перетворювач швидкості (ПШ) є однією із складових частин датчика витрат молока [4]. В основу роботи перетворювача швидкості покладена залежність дифузійної складової струму електрохімічної комірки від швидкості рідини біля електроду внаслідок руйнування дифузійного шару[5].

Датчик витрати молока має вигляд, представлений рис. 1. Датчик складається з труби 1, виготовленої із діелектричного матеріалу, електродів перетворювачів 2,3,4, які розташовуються на протилежних стінках труби. Для уникнення осідання жиру в важкодоступних для промивки місцях внутрішні кути труби мають округлену форму. Матеріал електродів 3,4– платина, електроду 2 – алюміній. Датчик розміщується в молочній лінії доїльного апарату. Виводи електродів підключаються до блоку перетворення інформації (БПІ), який містить вимірювальну схему та ЕОМ для обчислення результатів вимірювання.

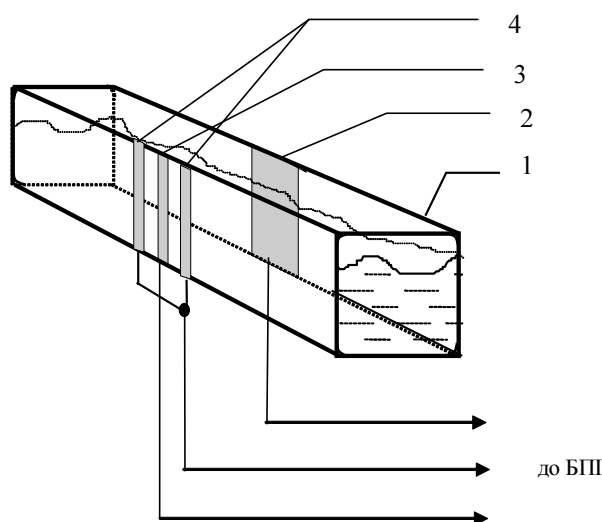


Рисунок 1 - Структурна схема датчика для вимірювання витрат молока

Швидкість молока в молочній лінії може змінюватись в широких межах, крім того, наявність газових включень та вакуумні режими доїльного апарату приводять до виникнення турбулентності потоку. Оцінка впливу турбулентного потоку молока в заданому діапазоні швидкості на товщину дифузійного шару є необхідною задачею для побудови працездатного перетворювача швидкості та забезпечення його необхідної точності.

Визначення швидкості за допомогою перетворювача швидкості базується на визначенні струму електрохімічної комірки, який залежить від концентрації іонів на електродах.

Робота перетворювача швидкості ґрунтується на використанні законів електрохімічної кінетики.

Дифузійний шар виникає біля електроду внаслідок розряду (іонізації) частинок речовини і уповільненої доставки (відведення) їх при електролізі в результаті дифузії. Товщина дифузійного шару досягає 10^{-5} – 10^{-2} см. Дифузійний шар розташований безпосередньо за дифузною частиною подвійного електричного шару [6].

Згідно гідродинамічної теорії товщина граничного шару залежить від швидкості руху потоку відносно твердого тіла v_0 , кінематичної в'язкості ν , а також від відстані вибраної точки до точки набігання потоку l

$$\delta_{zp} \approx \nu^{0.5} \cdot v_0^{-0.5} \cdot l^{0.5}. \quad (1)$$

У відповідності з розвинутою Левичем [7] теорією, між товщиною дифузійного шару δ і граничним шаром рідини δ_{zp} існує визначене співвідношення:

$$\delta \approx \left(\frac{D}{\nu}\right)^{1/3} \cdot \delta_{zp}. \quad (2)$$

Для водних розчинів D і ν мають значення порядку 10^{-5} та 10^{-2} см²·сек⁻¹ відповідно.

$$\delta \approx D^{1/3} \cdot \nu^{1/6} \cdot l^{1/2} \cdot v^{-1/2}, \quad (3)$$

де D – коефіцієнт дифузії.

Потік молока в молокопроводі має турбулентний характер. При турбулентному режимі руху рідини потік розділяється на дві різні за структурою області. Безпосередньо біля стінки труби утворюється тонкий шар чисто в'язкого руху – в'язкий шар. Решта частини потоку є областю яка мало залежить від в'язкості, область повністю турбулентного руху – турбулентне ядро потоку. В межах в'язкого шару усереднені швидкості змінюються по лінійному закону від нуля біля стінки труби до кінцевого значення на його границі. Так як вимірювання швидкості проходить в граничному шарі, то результат можна рахувати дійсним, коли товщина граничного шару менша, ніж товщина в'язкого шару.

Товщина в'язкого шару

$$\delta_s = \frac{30 \cdot D_T}{\text{Re} \sqrt{\lambda}}, \quad (4)$$

де $\text{Re} = \frac{v \cdot D_T}{\nu}$ – число Рейнольдса;

ν – кінематична в'язкість рідини;

λ – гідравлічний коефіцієнт тертя;

D_T – діаметр труби.

Для визначення коефіцієнта тертя гідравлічно-гладких труб найбільш розповсюджена формула Блазіуса:

$$\lambda = \frac{0.3164}{\sqrt[4]{\text{Re}}}. \quad (5)$$

По приведених виразах при конструктивних параметрах датчика: $D_T=11\text{мм}$, довжина контрольного електрода 0.3мм , побудовано залежність товщини в'язкого та граничного шарів на електроді від швидкості потоку молока. Отримана залежність представлена на рисунку 2.

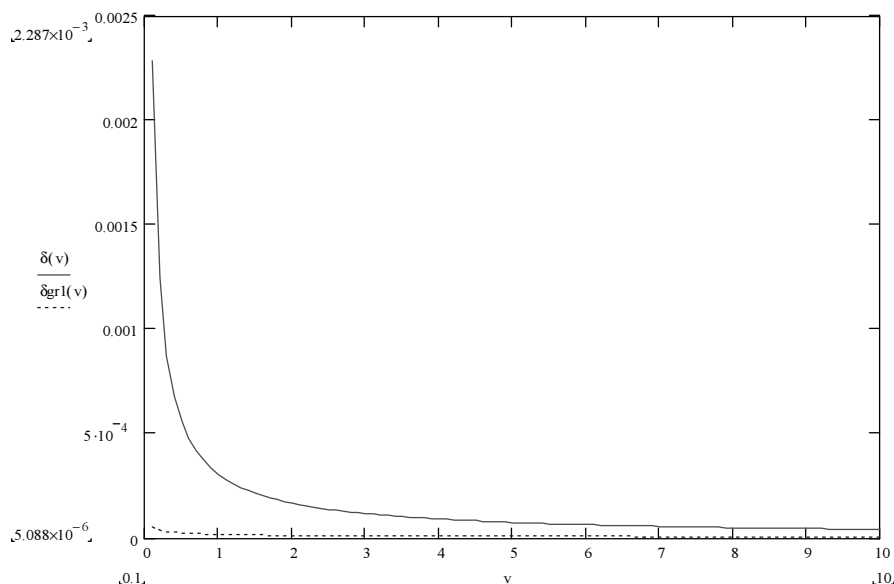


Рисунок 2 - Залежність товщини граничного та в'язкого шарів від швидкості молока в молокопроводі.

На основі отриманих результатів теоретичних досліджень можна зробити наступні висновки:

– в межах швидкості молока від 0.1 до 10 м/с в датчику з вказаними конструктивними параметрами граничний, а як наслідок, і дифузійний шар завжди

будуть знаходитись в середині в'язкого шару, що доводить працездатність електрохімічного перетворювача швидкості датчика витрат молока в таких умовах;

– використання датчика в умовах турбулентного потоку дозволить отримати результати вимірювання швидкості з необхідною точністю, так як в місці заміру в вибраних межах швидкості потік буде завжди ламінарним.

Список літератури

1. А.с. №656597 (СССР). Устройство для измерения доз молока при машинном доении/ Авт. изобрет. Г.Р. Носов, В.А. Кондратец, В.Ф. Пашенко.– Заявл 14.09.76. №2401374/30-15: опубл. 15.04.79 Бюл. №14.
2. Mauro Zaninelli, Francesco Maria Conductimetric milk meter // Computers in agriculture and natural resources, Proceedings of the 24-26 July 2006 (Orlando, Florida USA) Publication date 24 July 2006 701P0606.
3. Версаль В.А. Войтюк В.В. Обґрунтування способу вимірювання витрат молока //Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету „Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація”, 2000 вип. №6.– С.123-125.
4. В.О.Версаль, В.В.Войтюк. Датчик контролю витрат молока в молокопроводі. // Матеріали XII міжнародного "І Українського" симпозіуму з питань машинного доїння корів. 11-14 травня 2004 року. - Глеваха, 2005р.- С. 162-166.
5. Фомин И.К. Хемотронный измеритель скорости потоков электропроводящих жидкостей с компенсацией помех// Измерительная техника. 1976. №1.– с. 57-59
6. Левин А.И. Теоретические основы электрохимии – М.: Металлургия, 1972. – 253 с.
7. Левич В.Г. Физико-химическая гидродинамика – М.: Физматгиз, 1959. – 699 с.
8. Справочник по гидравлике. Под редакцией Большакова В.А. – К.: Вища Школа, 1977. – 280 с.

В статье обоснована возможность работы электрохимического преобразователя скорости датчика расхода молока в условиях турбулентного потока молока в молокопроводе при выбранных конструктивных параметрах.

In the article researched possibility to work electrochemical converter of speed of milk meter in the turbulent flow milk in the milk pipe with choose parameters.