

6. Вайнсон, А.А. Подъемно-транспортные машины / А.А. Вайнсон. – М.: Машиностроение, 1989. – 536 с.
7. Вакуумная техника: справочник / Е.С. Фролов [и др.]; под общ. ред. Е.С. Фролова, В.Е. Минайчева. – М.: Машиностроение, 1992. – 480 с.: ил.

УДК 637.11

Ю.А. Линник

(Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет, г. Днепропетровск, Украина);

С.И. Павленко

(Отдел биозкотехнических систем в животноводстве Национального научного центра «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства», г. Запорожье, Украина)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МОЛОЧНО- ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ В ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ С ВЕРХНИМ МОЛОКОПРОВОДОМ

Проблема

В процессе перемещения молочно-воздушной смеси по молочному шлангу доильного аппарата наблюдается флуктуация вакуумметрического давления. В зависимости от типа молочной системы, конструктивно-технологических параметров доильного аппарата и режимов его работы режим течения молочно-воздушной смеси можно скорректировать, в результате достигнув уменьшения флуктуации вакуумметрического давления.

Анализ последних исследований и публикаций

Анализ теоретических исследований [1–7] показал, что движение молочно-воздушной смеси как двухфазной среды по молочному шлангу доильного аппарата не изучено в полной мере. В указанных исследованиях нет математических моделей, описывающих динамику изменения вакуумметрического давления в процессе перемещения молочно-воздушной смеси для различных молочных систем доильных установок. Молочные системы современных доильных установок можно разделить на два типа: с верхним и нижним молокопроводом [8]. Понятно, что режимы течения молочно-воздушной смеси в каждой из указанных систем отличаются, поэтому и возникает необходимость их изучения.

Исследовалось движение молочно-воздушной смеси по молочному шлангу доильного аппарата, определялась флуктуация вакуумметрического давления для молочной системы с верхним молокопроводом. Исследование движения молочно-воздушной смеси проводилось методом численного моделирования с использованием программного пакета Star CCM+.

Согласно зоотехническим требованиям и работам ученых [1], частота пульсаций n может составлять от 40 до 80 мин^{-1} , а фаза $A + B$ – от 0,4 до 0,8.

Результаты исследований

В результате численного моделирования процесса перемещения молочно-воздушной смеси в доильном аппарате при верхнем молокопроводе получено распределение относительного содержания жидкости $1-\alpha$ по длине молочного шланга (рисунок 37). На рисунке 37 введены следующие обозначения: Q – объемная скорость течения, $\text{м}^3/\text{с}$; P – вакуумметрическое давление, Па ; L, G – соответственно жидкая и газообразная фазы смеси; M – смесь; $A-A, B-B$ – обозначение поперечного разреза. Поперечные разрезы молочного шланга в характерных точках представлены на рисунке 37 в виде выносных окружностей.

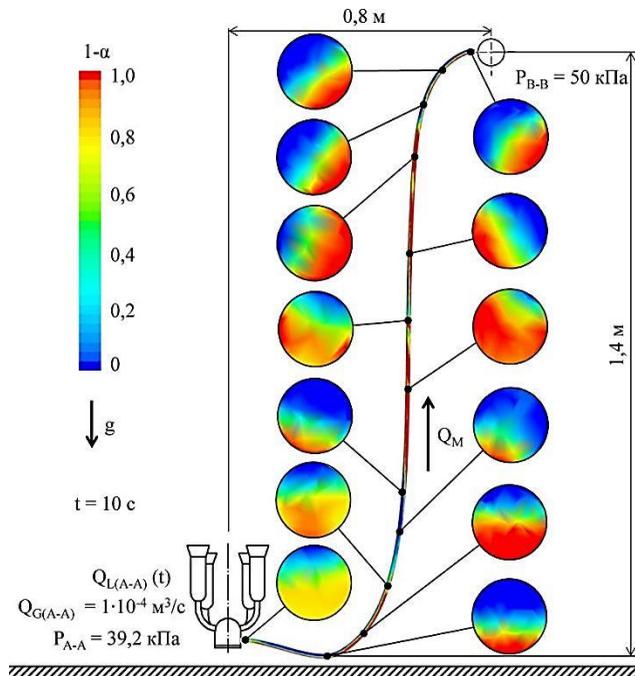


Рисунок 37 – Распределение относительного содержания жидкости $1-\alpha$ по длине молочного шланга доильного аппарата с верхним молокопроводом при частоте пульсаций $n = 60 \text{ мин}^{-1}$ и фазе $A + B = 0,6$

Из рисунка 37 видно, что течение молочно-воздушной смеси на вертикальном участке молочного шланга является прерывистым [9].

Из-за возникновения прерывистого течения молочно-воздушной смеси на входе в молочный шланг наблюдается флуктуация вакуумметрического давления (рисунок 38), которая отрицательно влияет на технологический процесс машинного доения. В дальнейшем заменим обозначение среднего вакуумметрического давления на входе молочного шланга P_{A-A} (рисунок 37) на $P_{ср.}$ (рисунок 38).

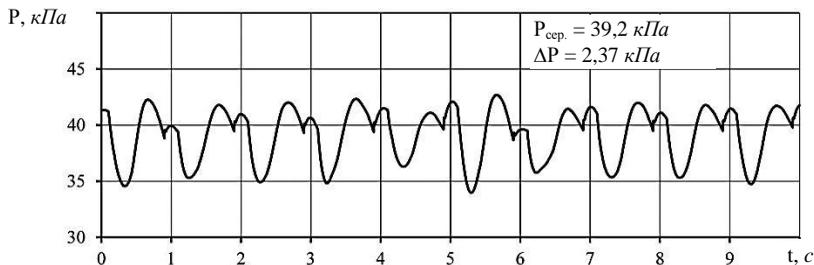


Рисунок 38 – Флуктуация вакуумметрического давления на входе молочного шланга при частоте пульсаций $n = 60 \text{ мин}^{-1}$ и фазе $A + B = 0,6$ (при верхнем молокопроводе)

С использованием программного пакета Mathematica методом наименьших квадратов была проведена корреляция полученных данных и получена математическая модель взаимосвязи флуктуации (средне-квадратического отклонения) вакуумметрического давления ΔP от частоты пульсаций n и величины фазы $A + B$:

$$\Delta P = 12,2515 + 2,30723n - 0,352582(A + B) + 0,00271785(A + B)^2. \quad (1)$$

Графическая интерпретация полученной математической модели представлена на рисунке 39.

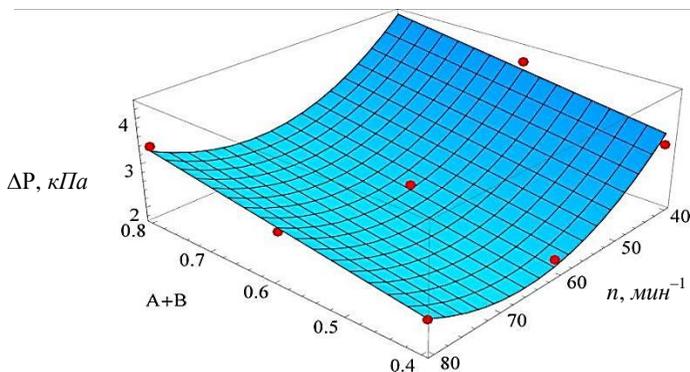


Рисунок 39 – Зависимость изменения среднеквадратического отклонения вакуумметрического давления от величины фазы $A + B$ и частоты пульсаций n (при верхнем молокопроводе)

Как видно из рисунка 39 и зависимости (1), среднеквадратическое отклонение вакуумметрического давления линейно зависит от величины фазы $A + B$ и квадратично – от частоты пульсаций. В результате поиска минимального значения флуктуации вакуумметрического давления установлено, что при частоте пульсаций $n = 64,8 \text{ мин}^{-1}$ и величине фазы $A + B = 0,4$ его среднеквадратическое отклонение составляет $\Delta P = 1,74 \text{ кПа}$, что удовлетворяет технологическим требованиям [8].

Выводы

1. В результате численного моделирования процесса перемещения молочно-воздушной смеси в доильной установке с верхним молокопроводом было установлено, что флуктуация вакуумметрического давления зависит от частоты пульсаций n и величины фазы $A + B$ согласно полученной математической модели.

2. В результате поиска минимального значения флуктуации вакуумметрического давления верхней молочной системы установлено, что при частоте пульсаций $n = 64,8 \text{ мин}^{-1}$ и величине фазы $A + B = 0,4$ его среднеквадратическое отклонение составляет $\Delta P = 1,74 \text{ кПа}$, что удовлетворяет технологическим требованиям.

11.08.2014

Литература

1. Фененко, А.І. Механізація доїння корів. Теорія і практика: монографія / А.І. Фененко. – К.: [б. і.], 2008. – 198 с.
2. Ткач, В.В. Модель движения молока по безнапорному незаполненному молокопроводу / В.В. Ткач // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2010. – Вип. 84. – С. 59–62.
3. Ткач, В.В. Доїльна установка з роздільним режимом транспортування молока і повітря / В.В. Ткач // Сучасні проблеми вдосконалення технічних систем і технологій у тваринництві: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків, 2010. – Вип. 95. – С. 178–183.
4. Москаленко, С.П. Исследование режимов транспортирования молока по трубопроводам на молочно-товарных фермах и комплексах: автореф. дис. ... канд. техн. наук / С.П. Москаленко. – К., 1974. – 26 с.
5. Кирсанов, В.В. Оптимизация гидравлических параметров молокопроводов доильных установок / В.В. Кирсанов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2001. – № 8 – С. 14–16.
6. Stephen B. Spencer. Milking System Design for Large Herds / Stephen B. Spencer // Western Large Herd Dairy Management Conference, Las Vegas Nevada. – 1993. – P. 10–15.
7. Birchal, V.S. Modeling and simulation of milk emulsion drying in spray dryers / V.S. Birchal, M.L. Passos // Brazilian Journal of Chemical Engineering, Brazil. – 2005. – Vol. 22, No. 02. – P. 293–302.
8. Milking machine installations – Construction and performance: ISO 5707. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. – 52 p.
9. James P. Brill. Two phase flow in pipes / James P. Brill, H. Dale Beggs. – 6th edition. – 1991. – 640 p.