

УДК 631.3:636

О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ МОЛОКА И МОЮЩЕГО РАСТВОРА С ПОВЕРХНОСТЯМИ ДЕТАЛЕЙ ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Л.П.Карташов, докт. техн. наук, проф.

Оренбургский научный центр Уральского отделения РАН;

Ю.А.Ушаков, канд. техн. наук

ФГБОУ ВПО Оренбургский ГАУ

Розглядаються закономірності утворення забруднень та їх видалення з поверхонь у повороті молокопроводу.

Ключові слова: *молокопровідна система, забруднення, поверхня, розчин.*

Проблема. В настоящее время остро стоит проблема сохранения качества молока. Допустимые значения основных показателей качества молока, таких как активная кислотность, количество соматических клеток, бактериальное обсеменение по нормативам Европейского Союза в 3-10 раз ниже требований Российского стандарта.

Анализ исследований. При допустимом уровне бактериального загрязнения поверхностей молокопроводных систем после промывки, не превышающем 50 тыс. микроорганизмов в 1 см³, только в двух случаях – при определении бактериального загрязнения на поверхностях ванны и коллектора значение этого показателя ниже допустимого. Во всех остальных случаях уровень бактериального загрязнения превышает допустимый[1], причём максимальные значения зафиксированы в стыках и поворотах трубопроводов, в местах соединения молочного шланга с молокопроводом.

Задачи исследований. Выявление причин неэффективной промывки поверхностей на примере поворота молокопровода и разработка мероприятий по устранению выявленных недостатков.

Результаты исследований. По нашему мнению, траектория заданной (внутренней или внешней) линии поворота должна быть выполнена в форме эллипса. Эта линия обеспечивает вход в поворот и выход из поворота потока по касательной, а кривизна в средней части изменяется практически по линейному закону в достаточно широком

діапазоні.

Будемо полагати далі заданню траєкторію внутрішньої лінії повороту і отримаємо рівняння зовнішньої лінії. Рівняння траєкторії внутрішньої (используем индекс "i") лінії повороту молокопровода в координатній системі координат

$$\frac{x_i^2}{a_i^2} + \frac{y_i^2}{b_i^2} = 1. \quad (1)$$

Рівняння траєкторії внутрішньої лінії повороту молокопровода в параметричній формі

$$x_i(t) = a_i \cos(t), \quad y_i(t) = b_i \sin(t). \quad (2)$$

В результаті диференціювання лівих і правих частин рівняння (1) воно приймає вигляд

$$\frac{2x_i x'_i}{a_i^2} + \frac{2y_i y'_i}{b_i^2} = 0. \quad (3)$$

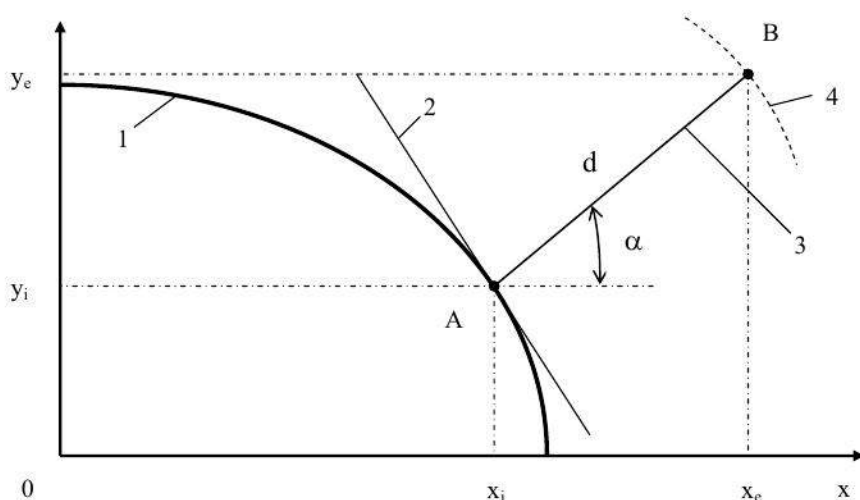


Рис. 1. Схема побудови траєкторії зовнішньої лінії повороту трубопровода: 1 - заданна траєкторія внутрішньої лінії повороту; 2 - дотична в точці А до внутрішньої лінії повороту; 3 - нормаль до дотичної в точці А; 4 - уривок траєкторії зовнішньої лінії повороту; d - відстань по нормалі від точки А на внутрішній лінії до точки В на зовнішній лінії

Выражаем производную – закон изменения тангенса угла наклона касательной к траектории внутренней линии поворота молокопровода в различных точках

$$y'_i = -\frac{b_i^2 x_i}{a_i^2 y_i}. \quad (4)$$

Перепишем эту зависимость с учётом уравнения (1)

$$y'_i = -\frac{b_i x_i}{a_i \sqrt{a_i^2 - x_i^2}}. \quad (5)$$

Дополнительные возмущающие воздействия на гидродинамический поток молока или моющего раствора можно исключить, когда точки траектории внешней линии поворота будут отстоять от точек траектории внутренней линии поворота молокопровода на одном и том же расстоянии “d” по соответствующим нормальям. В этом случае площадь поперечного сечения молокопровода диаметром “d” не изменяется. Параметрические уравнения внешней линии поворота (рис.1) имеют вид

$$x_e(t) = x_i(t) + d \sin(\alpha), \quad y_e(t) = y_i(t) + d \cos(\alpha). \quad (6)$$

Принимая во внимание уравнения (5), (1), геометрический смысл производной $y'_i = tg(\alpha)$ и известные тригонометрические соотношения

$$\cos(\alpha) = \frac{1}{\sqrt{1 + tg^2(\alpha)}}, \quad \sin(\alpha) = \frac{tg(\alpha)}{\sqrt{1 + tg^2(\alpha)}} \quad (7)$$

после несложных преобразований, получим

$$x_e(t) = x_i(t) - \frac{db_i x_i}{\sqrt{x_i^2(b_i^2 - a_i^2) + a_i^4}}, \quad y_e(t) = y_i(t) - \frac{da_i \sqrt{a_i^2 - x_i^2(t)}}{\sqrt{x_i^2(b_i^2 - a_i^2) + a_i^4}}. \quad (8)$$

Уравнения (8) допускают замену уравнением эллипса. Погрешность, вычисленная по формуле

$$\Delta(t) := \frac{(\sqrt{y_e(t)^2 + x_e(t)^2} - \sqrt{y_i(t)^2 + x_i(t)^2}) \cdot 100}{\sqrt{y_e(t)^2 + x_e(t)^2}}, \quad (9)$$

не превышает 2% (рис. 2).

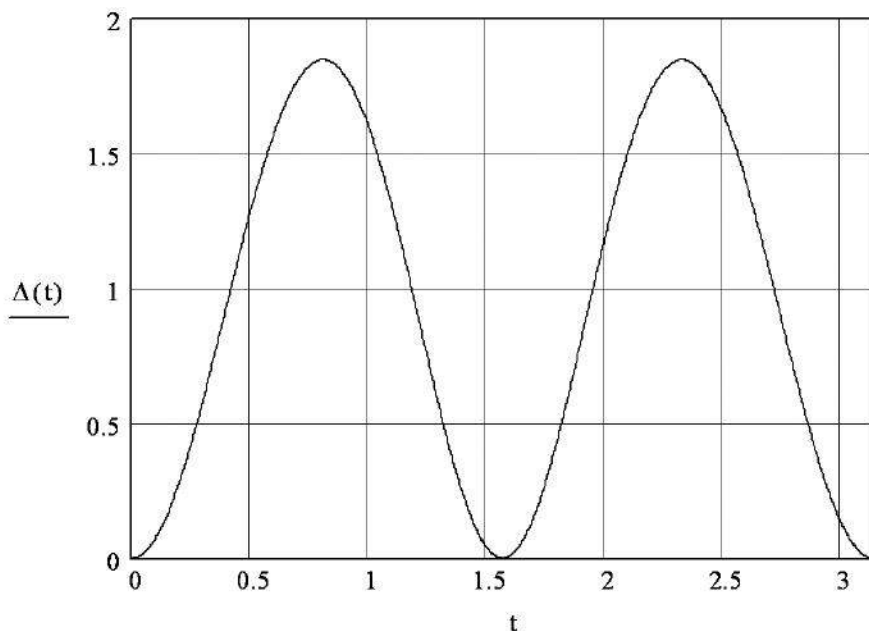


Рис. 2. Закон изменения погрешности от параметра (координаты) при замене теоретической линии внешнего поворота линией, построенной с помощью уравнения эллипса

При моделировании гидродинамического потока в повороте размер поля сетки определяли десятью диаметрами после поворота, четырьмя диаметрами до поворота и максимальным радиусом траектории внешней линии поворота – 0.12 м (рис. 3). Задавали распределение узлов разностной сетки на границах расчетной области с величиной интервала – 1 мм. Определяли входные границы 1,8 – как вход и выход, соответственно. Остальные границы определяли, как «стенки» – 2,3,4,5,6,7. Применяли $K-\varepsilon$ модель турбулентности. Устанавливали горизонтальную составляющую скорости на входе – 0 м/с, вертикальную – 0.8 м/с, значение абсолютного критерия для уравнения неразрывности – $1e-05$, интенсивность турбулентности – 10%, число итераций – 140. Добивались дисбаланса массы, количества движения, энергии и скалярных величин меньше чем 0.2 %.

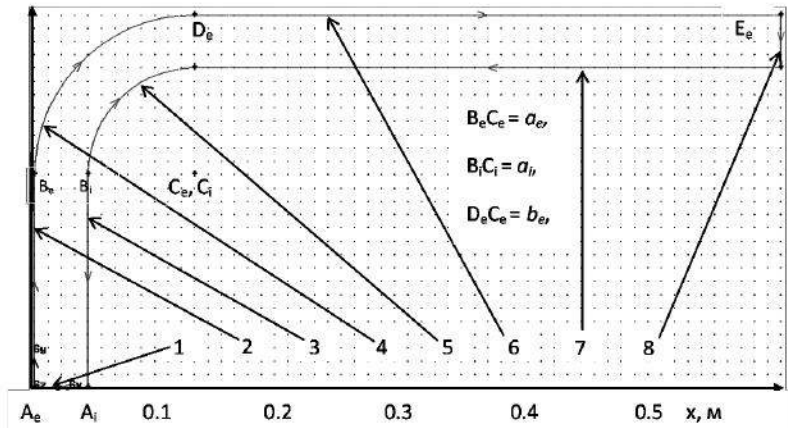


Рис. 3. Поле сетки для расчётной области с опорными точками: $A_e B_e(2)$, $D_e E_e(6)$ – внешние границы прямолинейных участков; $A_i B_i(3)$, $D_i E_i(7)$ – внутренние границы прямолинейных участков; $B_e D_e(4)$, $B_i D_i(5)$ – внешняя и внутренняя границы криволинейного участка с центром кривизны в т. C_e и C_i ; сечение $A_e A_i(1)$ – вход потока; сечение $E_e E_i(8)$ – выход потока. Синими стрелками показано направление обхода контура расчётной области

Статическое давление в сечениях, которые расположены в диапазоне $x \in [0; 0.025]$, принимает значения от «-25 Па» до «+60 Па» (рис. 4). Далее нижняя граница опускается по линейному закону до «-200 Па», а верхняя – до «+53 Па». Перепад статического давления величиной 253 Па в отдельных сечениях сохраняется от точки с координатой $x = 0.04$ м до точки с координатой $x = 0.09$ м. Затем верхняя граница уменьшается до значения «-75 Па», нижняя – увеличивается до значения «-75 Па» и за координатой $x = 0.175$ м давления в различных точках одного и того же сечения не отличаются.

Гидродинамическое воздействие потока на стенки поворота и участка трубопровода за ним начинает отличаться уже перед входом в криволинейный участок (рис. 5). Воздействие на стенку 4 (траектория внутренней линии поворота) по потоку возрастает неравномерно. Наблюдаются всплески с периодичностью по оси x , равной $\approx 0.025 \dots 0.03$ м. Воздействие на стенку 5 (траектория внешней линии поворота) больше, чем на стенку 4. Оно вначале возрастает ($x = 0.04$ м), а затем убывает. В точке $x = 0.12$ м условия на стенках 4 и 5 становятся равными.

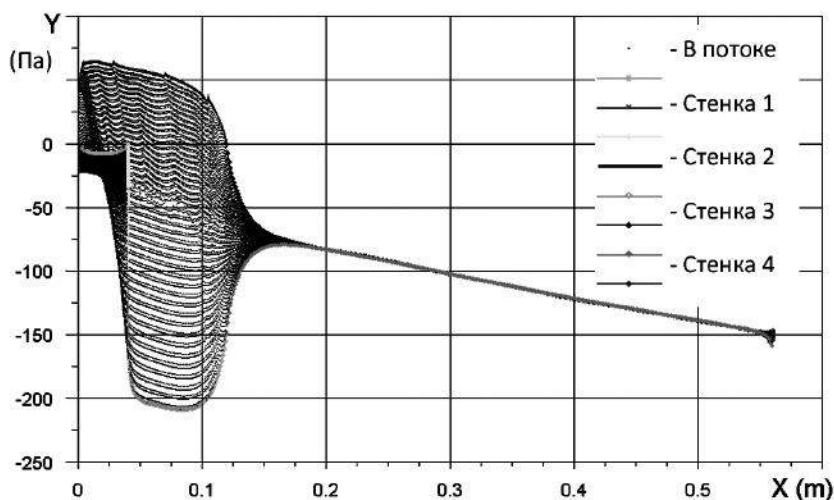


Рис. 4. Распределение давления в сечениях потока после прохождения поворота трубопровода (статическое давление)

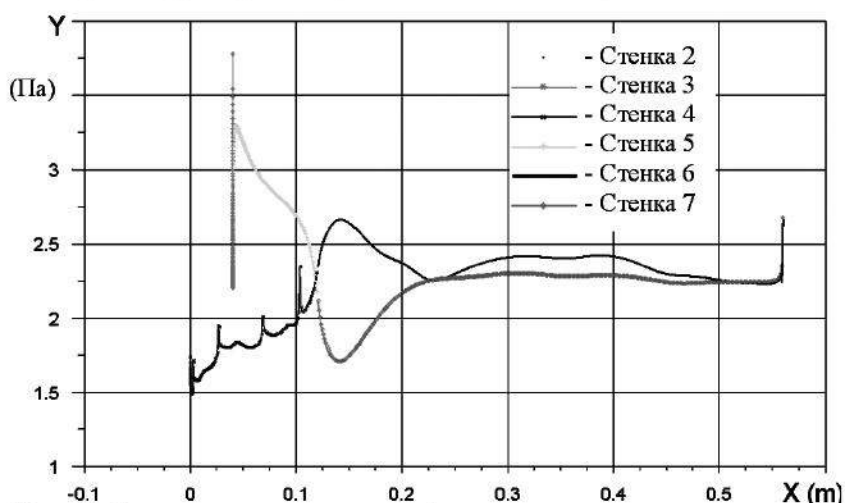


Рис. 5. Интенсивность взаимодействия потока со стенками трубопровода. Угол поворота трубопровода – 90°

Далее следует прямолинейный участок (стенка 6 и 7). Взаимодействие со стенкой 6 увеличивается, а со стенкой 7 уменьшается, затем наоборот. На участке $x \in [0.23; 0.5]$ взаимодействие со стенками 6 и

7 всё ещё разное. За точкой $x = 0.5$ м условия образования отложений и промывки на противоположных стенках одинаковы. Максимальная разность интенсивностей воздействия на стенки наблюдается в сечении с координатой $x = 0.04$ м и в сечении с координатой $x = 0.14$ м.

Выводы. Установили наличие участков с наибольшей интенсивностью образования отложений в режиме доения и наименьшей интенсивностью воздействия на загрязнения гидродинамического потока в режиме промывки. Согласование процессов образования и удаления загрязнений с поверхностями деталей доильной установки, взаимодействующих с молоком и моющим раствором, при определении их формы, позволит обеспечить сохранение качества молока, а при промывке – быстрое и полное удаление с деталей загрязнений.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Остапенко Н.А. Улучшение условий промывки дозатора молока доильной установки / Н.А. Остапенко, В.Ф. Брилянт, Н.И. Сиренко // Материалы XIV Международного симпозиума по вопросам машинного доения сельскохозяйственных животных. – Углич: Уникан, 2008.
-

О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ МОЛОКА И МОЮЩЕГО РАСТВОРА С ПОВЕРХНОСТЯМИ ДЕТАЛЕЙ ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

В статье рассматриваются закономерности образования загрязнений и их удаления с поверхностей в повороте молокопровода.

Ключевые слова: молокопроводная система, загрязнения, поверхность, раствор.

ON THE INTERACTION OF MILK AND A WASHING SOLUTION ON THE SURFACES OF PARTS MILKING INSTALLATION

The article considers the regularities of formation of pollution and their removal from the surface of the turn of pipeline.

Key words: milk of pipeline, pollution, the surface, solution.