УДК 66-9

Левина Н.Н., Мурский А.Д., Лобачева Т.П.

Об экспериментальных исследованиях клапанного гомогенизатора

***Аннотация*:** в статье показано, что манометр для измерения давления в кольцевом зазоре клапана гомогенизатора работал как Пито-трубы, как водоструйный насос, как зонд. Причины образования глубоких эрозионных канавок на поверхности клапана при входе в зазор клапана.

Ключевые слова: гомогенизация, водоструйный насос, клапанная щель, клапанный гомогенизатор, трубка Пито, зонд, давление в щели.

***Abstract*:** It is shown that the gauge for measuring pressure in the annular gap valve homogenizer worked as Pitot tubes, as the water-jet pump, how probe. The reasons of education deep erosive grooves on the surface of the valve at the entrance to the valve gap.

***Key words*:** homogenization, water-jet pump, valve gap, valve homogenizer, Pitot tube, probe, pressure in the gap.

Целью настоящей статьи является проведение анализа результатов экспериментальных исследований давления в плоской щели экспериментальной гомогенизирующей головки клапанного гомогенизатора при гомогенизации молока проведенного во ВНИЭКИпродмаше в 1981 году [1].

Напомним, что трубкой Пито [2] измеряется полное давление жидкости в движущемся горизонтальном потоке

$$P_{полн} = P + \frac{\rho V^2}{2} = const, \qquad (1)$$

где Р – статическое давление;

$\frac{\rho v^2}{2}$ - динамическое давление.

Статическое давление Р измеряется только зондом. При замерах давлений отверстие в трубке Пито располагается навстречу потоку жидкости, а плоскость отверстия зонда располагается параллельно направлению потока.

Другими словами, в случае, когда ось входного отверстия измерительного устройства находится параллельно направлению потока молока, то устройство работает, как трубка Пито и показывает полное давление в потоке. Когда же ось входного отверстия перпендикулярна

ISSN 2367-8658

направлению потока, то устройство работает как зонд и показывает статическое давление в потоке.

Рассмотрим график (рисунок 1) давлений в кольцевой щели гомогенизирующей головки полученный при давлении в нагнетенном коллекторе 15 МПа и температуре 60°С[1]. Давление замерялось специально созданным измерительным устройством (рисунок 2).

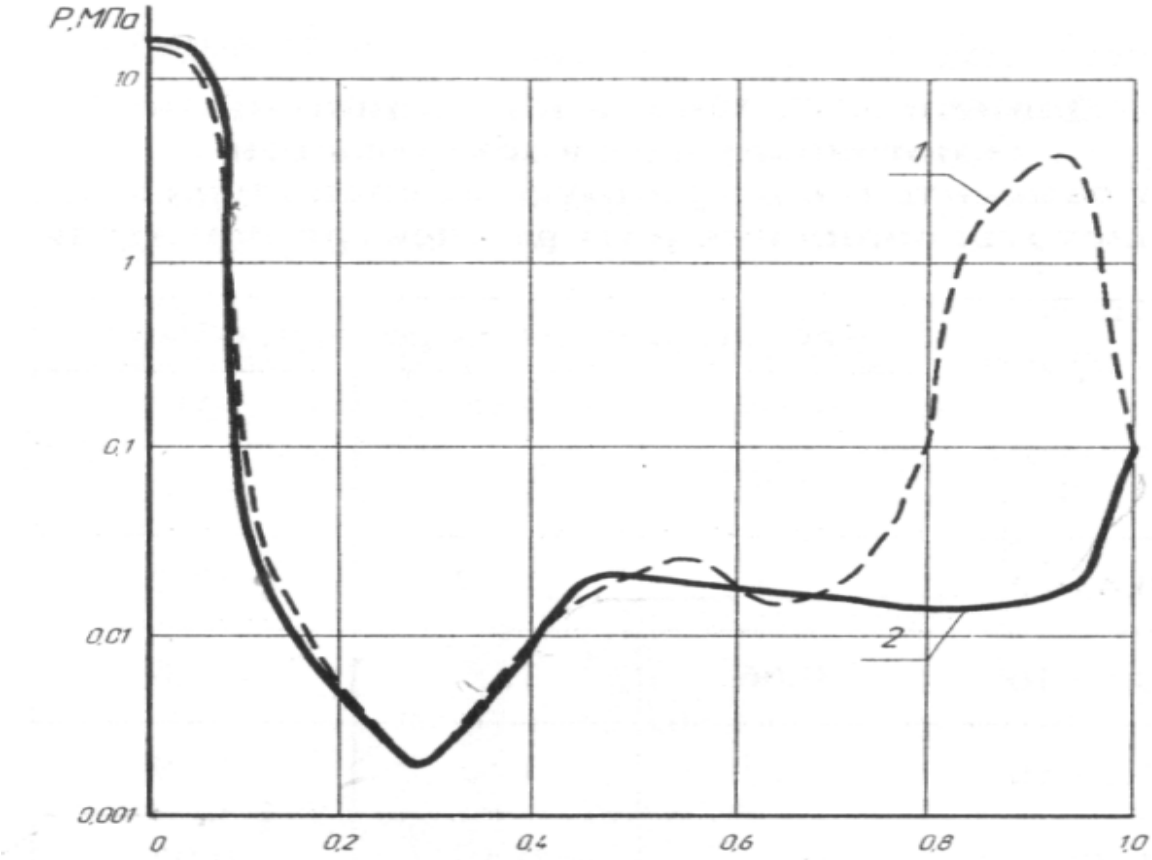

Рисунок 1 - График давлений в кольцевой щели гомогенизатора [1]

На рисунке 1 ноль соответствует входу молока в щель гомогенизатора, а единица - выходу из щели. Высокое давление на входе (получается) вызвано действием центробежных сил, возникающих изменением направления потока на угол 90º. На промежутке от 0,2 до 0,4 давление в клапанной щели снижается по показаниям прибора из-за подсоса потока. Далее, от 0,4 до 0,8 давление в потоке постоянное, затем идет возрастание давления вплоть до выхода из щели.

На этом конечном участке происходит дробление жировых шариков из-за растяжения потока молока в тангенциальном направлении. Скорость потока в радиальном направлении снижается, а давление, как показывает прибор, увеличивается.

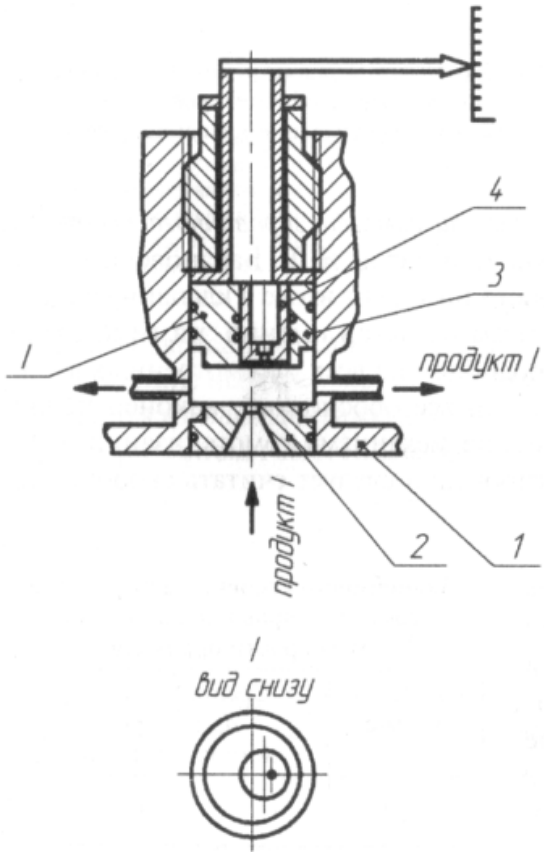

Рисунок 2 - Измерительное устройство в экспериментальной гомогенизирующей головке:

1 – корпус; 2 – седло; 3 – головка клапана; 4 – эксцентрик [1]

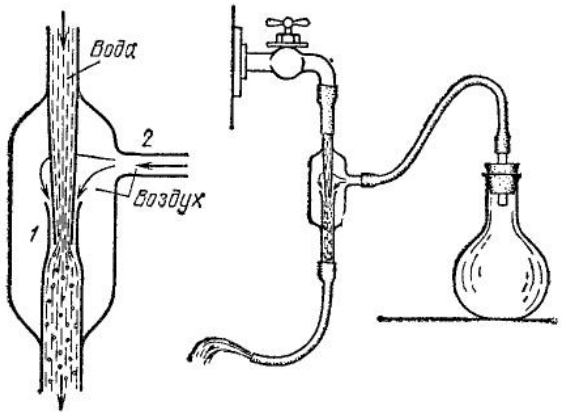

Рисунок 3 - Схема работы водоструйных насосов [5].

При движении измерительного устройства с помощью эксцентрика от центра входного отверстия к началу кольцевой щели, отверстие устройства направлено навстречу потоку молока, поэтому устройством замеряется полное давление, по принципу трубки Пито.

ISSN 2367-8658

При прохождении молока канала клапанной щели плоскость отверстия измерительного устройства располагается параллельно потоку молока, следовательно, устройство фиксирует только статическое давление Р.

Скорость потока при его движении для рассматриваемого нами случая обратно пропорционально расстоянию от оси входного отверстия и на входе в щель будет равна

$$v_1 = \frac{G}{2\pi Rh} \text{ , (2)}$$

а на выходе из щели скорость ν_2 уменьшается в величину 1/R

$$v_2 = \frac{G}{2\pi Rh} \text{ , (3)}$$

где h – высота щели, r,R – внутренний и наружный радиусы кольцевой щели, G – секундный расход жидкости.

Следовательно, согласно уравнению (1) при уменьшении скорости V потока жидкости, ее статическое давление Р возрастает. Эта закономерность наблюдается на кривой давлений, показанной на рисунке 1, подтверждающей работу измерительного устройства в соответствии с принципом зонда.

Попытаемся объяснить наблюдаемый провал кривой давления на рисунке 1. По нашему мнению, здесь происходит сужение и отрыв потока от параллельных стенок кольцевой щели. Аналогичное сужение и отрыв потока от стенок наблюдается, например, при прохождении жидкости через внешнюю коническую расходящуюся насадку.

Известно, патрубок длиной 3 ÷ 4 диаметра, считается насадкой. В этом случае, как правило, на входном участке насадки образуется вакуум, величина которого зависит от скорости движения жидкости [3].

Таким образом, при прохождении потока через кольцевую щель, как и в насадках, происходит сжатие и отрыв потока от стенок, что и зафиксировано измерительным устройством, работающим как зонд.

При этом в пристенном пространстве, между кольцевыми стенками щели и поверхностью сжатой струи образуется вакуум, влияющий на форму и скорость потока [3]. Изменение скорости происходит также в тонком поверхностном слое потока из-за контакта со стенками щели, что вызывает частичную гомогенизацию молока (порядка 50%). Аналогичные высказывания встречаются и в работах Суркова и других исследователей [1].

На основании теоретических исследований авторами настоящей статьи выявлены причины разрушения жировых шариков молока в центральной (непристенной) зоне потока. Соответствующие разработки опубликованы в работе [4]. В этой работе можно найти, например, ответ на вопрос автора [1]. «…но почему существует предельное давление, превышение которого практически не улучшает гомогенизацию?»

Кроме этого, в работе [1]поднимаются и другие аналогичные вопросы, которые требуют научно – обоснованных ответов.

Кроме этого необходимо отметить, что в зоне вакуума происходит отсос воздуха из измерительного устройства и вакуум при этом достигает значения до 1,33кПа как в случае водоструйного насоса схема работы, которых представлены на рисунке 3 [5]. Тогда разница в указанных давлениях по нашему предположению можно объяснить характером работы различных приборов, включая и погрешность самих измерительных устройств.

Вакуум в водоструйном насосе создается тем, что при потоке жидкости, снижается статическое давление и воздух увлекается движущейся с большой скоростью жидкостью. Следовательно, можно утверждать, что механизм процесса образования вакуума в водоструйном насосе и в клапанной щели один и тот же.

Как известно, что вакуум в водоструйном насосе образуется в результате подсоса воздуха струей воды. То же самое может происходить и в случае образования вакуума на отдельных участках кольцевой щели в рассматриваемом нашем случае. Вполне возможно, что молекулы воды объединяются в капельки, образуются льдинки, которые увлекаются в поверхностный слой потока молока, где встречаясь с жировыми шариками, производят их разрушение. Это могло бы дополнить гипотезы о разрушении жировых шариков в пристенной зоне потока молока. Однако, известно, что вакуум ускоряет процесс вскипания испаряя жидкость, а не превращает ее в льдинки. Таким образом, мы не исключаем возможности вакуумной гомогенизации молока.

Сделаем замечание. В работе [6] показано, что в изгибах трубопроводов наряду с полным давлением возникает еще давление от действия центробежных сил потока жидкости, и дан метод вычисления этого дополнительного давления. В работе [1] указывается, что в процессе эксплуатации гомогенизатора происходит образование глубокой эрозийной канавки на поверхности клапана перед входом и сразу на входе в клапанную щель. По нашему мнению, образование эрозийной канавки вызвано действием центробежных сил, возникающих при изменении направления потока молока на рассматриваемом участке на 90°. На этом же участке отмечено увеличение давления до 16,4 … 17,1 МПа при давлении в нагнетательном коллекторе 15 МПа. Такой скачек давлений, на наш взгляд, вызван действием центробежных сил, возникающих при изменении направлении потока при входе в клапанную щель.

Анализ экспериментальных результатов исследования давлений в потоке молока, в головке гомогенизатора замеренных измерительным прибором позволяет сделать следующие выводы.

ISSN 2367-8658

При изменении направления потока молока перед входом в клапанную кольцевую щель возникают центробежные силы, которые увеличивают полное давление, что и зафиксировано измерительным прибором.

После входа в клапанную щель происходит сужение и отрыв от стенок кольцевой щели, следовательно, измерительный прибор показывает резкое снижение статического давления.

Затем происходит расширение потока, его скорость снижается из-за возрастания площади «поперечного» сечения потока в радиальном направлении. Данное обстоятельство влечет за собой увеличение статического давления, что не нашло своего отражения на графике давлений рисунке № 1.

И, наконец, при выходе из кольцевой щели прибор показывает, по нашему мнению, полное давление которое больше статического. Это может быть связано с изменением направления потока на выходе из щели.

Полученные выводы подтверждают также достаточно высокую точность замеров измерительного устройства.

Библиографический список

1. Фиалкова Е.А. Гомогенизация Новый взгляд. Монография – Справочник. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 392с.: ил.

2. Савельев И.В. Курс физики: Учебное пособие. В 3-х ТТ.Т.1. Механика. Молекулярная физика. Издательство «Лань», 2007.-352 с.: ил.

3. Косой В.Д., Рыжов С.А. Гидравлика (с примерами решения инженерных задач). М.: ДеЛипринт, 2008. – 495 с.

4. Мурский А.Д., Бугранова И.Э. О дроблении жировых шариков.// Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2014 № 6. С ху.

5. Трофимова И.Т. Курс физики. Учебное пособие. Издательство «Высшая школа».

6. Мурский А.Д., Шигапов И.И. О взаимодействии потока жидкости и твердого тела. // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2012. №2.с.15-16

Левина Н.Н., Мурский А.Д., Лобачева Т.П.
Поволжский казачий институт управления и пищевых технолог (филиал) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)», Россия, г.Димитровград