ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕЧЕНИЯ В «ТРАНШЕЕ»

Eugene Nujin

National Academy of Food Technology in Odessa, Ukraine

Аннотация. Приведены результаты экспериментального исследования параметров прямоугольной «траншеи» как источника гидродинамического шума.

Ключевые слова: щелевой канал, траншея, набегающий поток, гидродинамический шум

ВВЕДЕНИЕ

Течение в каналах с траншеями сопровождается пульсациями давления и скорости в набегающем потоке, что позволяет интенсифицировать ряд процессов, в частности – процесс гомогенизации молока [Нужин 2002].

Известно, что источником колебательного процесса является пульсирующая парогазовая каверна, которая возникает в «траншее», вызывая нестационарность течения и гидродинамический шум. Ввиду сложности явлений течения с отрывом потока являются предметом экспериментальных исследований, оно не всегда поддается математическому описанию [Киясбейли, Перельштейн 1964, Хаген, Данак 1966, Коважный 1975, Богатырев и др. 1976, Метугер и др. 1990]. Большинство выполненных исследований проведено для потоков со свободной поверхностью, либо для напорного течения, но с габаритными «траншеями» 100...200 мм, и ограниченной скоростью набегающего потока до $v_{\infty} = 45$ м/с.

Применения «траншей» для интенсификации гомогенизации молока требует сведений для проектирования с целью получения максимальных амплитуд колебательного процесса в потоке, движущемся в щелевых каналах высотой 100...150 мкм при скорости до $v_{\infty} = 200$ м/с.

Таким образом, задача настоящей работы состоит в определении размеров прямоугольной «траншеи» способной генерировать максимально возможную амплитуду колебаний в зазоре между гомогенизирующим клапаном и седлом.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследований был создан экспериментальный стенд, включающий бак, насосную установку, систему трубопроводов с регулирующей арматурой и опытную модель «траншеи» (см. рис. 1). Модель была изготовлена из конструкционного органического стекла, для визуализации течения. По периметру «траншеи» были просверлены 21 отверстие диаметром 1,25 мм, каждое из которых можно было соединить импульсными трубками с пьезометрами, манометрами либо мановакууметрами, в зависимости от величины замеряемого давления.



Рис. 1. Схема плоского канала с прямоугольной «траншеей» Fig. 1. Circuit of the flat channel with rectangular "trench"

Конструкция модели позволяла ступенчато менять высоту щелевого канала в пределах $\delta = (0,5...2,3)$ мм, глубину «траншеи» H = (0...25) мм, плавно изменять ширину дна траншеи B = (0...61) мм и ширину открытой части b = (0...B).

Опыты проводили с водой при температуре окружающей среды.

Предварительно исследуемую модель погружали в бак на глубину до 130 мм, устанавливали гидрофон, на расстоянии 60 мм, над «траншеей» и подключали его через усилитель к милливольтметру.

После включения насосной установки задавали давление перед входом в щелевой канал в пределах $P_1 = (0...0,29)$ МПа, устанавливали и фиксировали размер *В* ширины у дна «траншеи», после чего плавно изменяли ширину *b* открытой части полости до тех пор, пока стрелка милливольтметра не достигала максимально положения. После этого производили замеры давлений по периметру «траншеи». Затем меняли висоту *H* и опыт повторяли.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Во всем диапазоне изменения давления при определенных соотношениях размеров «траншеи» можно визуально наблюдать вихревое движение. С увеличением скорости набегающего потока, в центре вихря образуется парогазовая пульсирующая каверна, при этом милливольтметр фиксирует величину звукового давления как один из параметров гидродинамического шума (см. рис. 2).





b/S





Рис. 3. График изменения относительного давления P/P_1 по длине *l* щелевого канала Fig. 3. Diagrams of effect of relative pressure P/P_1 on length *l* of the slot-hole channel

Как следует из рис. 2 максимальная величина звукового давления соответствует отношению b/S = 6,1 (здесь *S* – площади открытой части «траншеи»).

Замечено, что рост звукового давления сопровождается снижением давления по контуру «траншеи». Характерное изменение давления представлено на рис 3. За начало отсчета давлений, по оси *Y* принято давление равное – атмосферному, а за начало отсчета длины, по оси *X* принято сечение канала, отстоящее вверх по потоку от переднего края «траншеи» на расстоянии 10 мм.

Как следует из рисунка 3, давление в потоке перед «траншеей» резко падает, достигая минимума на стенках «траншеи». Минимальное давление наблюдается на задней стенке впадины, где наибольшая скорость вихревого движения. Сразу за траншеей давление несколько восстанавливается и в конце канала становится равным нулю.

Замечено, что вихревое течение возникает только, когда соотношение

$$H/h = 1, 2...1, 3.$$

Незначительное отклонение этой величины приводит к исчезновению вихря.

По мере роста ширины «траншеи» *B*, вместо разрежения в «траншее» появляется давление. Ширина *B*, при которой давление меняет знак, соответствует максимальному гидродинамическому шуму.

Что касается разности высот передней и задней стенок «траншеи», то этот параметр дает максимум гидродинамического шума при условии

$$H-h=e=\delta/2.$$

На рис. 4 представлены графики, характеризующие изменение относительного давления по периметру «траншеи» шириной b = 5,5 мм при различных значениях e = H - h (скорость истечения струи соответствует диапазону $v_{\infty} = 2...7$ м/с).



Рис. 4. Изменение минимума относительного давления P/P_I в зависимости от разности e = H - h для разных скоростей набегающего потока v_{∞} : верхняя кривая соответствует скорости $v_{\infty} = 2$ м/с, нижняя (пунктирная) – $v_{\infty} = 7$ м/с

Fig. 4. Change of a minimum of relative pressure P/P_1 depending on a difference e = H - h for different speeds of a flow v_{∞} : the top curve corresponds to speed $v_{\infty} = 2$ M/c, bottom (dotted) $- v_{\infty} = 7$ M/c

выводы

Экспериментально установлены соотношения размеров «траншеи» прямоугольной формы, встраиваемой в щелевой канал с целью создания пульсации давления в набегающем потоке.

Установлено, что максимальная амплитуда колебаний в потоке достигается, если «траншея» имеет следующие соотношения: ширина открытой части к

площади b/S = 6,1; соотношение высоты задней стенки и ширины h/b = 1...2; разность высот $e = H - h = \delta/2$.

ЛИТЕРАТУРА

- Богатырев В.Я и др. 1976: Экспериментальное исследование течения в траншее. Журнал прикладной механики и теоретической физики, 2, 76–85.
- Киясбейли А.Ш., Перельштейн М.Е. 1964: Вихревые счетчики расходомеры. Машиностроение, 158 с.
- Коважный Хо. 1975: Увеличение статического давления в полостях при возбуждении акустических колебаний. Ракетная техника и космонавтика. Журнал американского института аэронавтики и астронавтики, 10, 174–175.
- Метугер Д., Банкер Р., Цзюй М. 1990: Теплообмен при поперечном обтекании канавки в стенке узкого канала. Современное машиностроение., 3, 154–162.
- Нужин Е.В. 2002: Интенсификация гомогенизации в клапанах за счет высокочастотных колебаний. Вибрации в технике и технологиях, 3, 62–64.
- Хаген, Данак 1966: Перенос импульса при турбулентном обтекании прямоугольной впадины. Прикладная механика, 3, 189–195.

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF CURRENT IN "TRENCH"

Summary. The results of an experimental research of parameters of rectangular "trench" as a source of hydrodynamical noise are given.

Key words: the slot-hole channel, trench, flow to move, hydrodynamical noise

Reviewer: Anatoliy Yakovenko, Prof. Sc. D. Eng.