

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ЗАТУХАНИЯ ВОЛН В МИНЕРАЛЬНЫХ МАСЛАХ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В КАЧЕСТВЕ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ В ГИДРОПРИВОДЕ

Мельников Р.В.

Норильский государственный индустриальный институт, г.Норильск

Ключевые слова: волновые процессы, ВМГЗ, минеральное масло, колебания, рабочая жидкость, SAE 30 Motox.

Аннотация. Статья посвящена исследованию волновых процессов в минеральных маслах, применяемых в качестве рабочих жидкостей и смазочных материалов. Приводится методика эксперимента по определению декремента затухания ударной волны в трубопроводе с жёсткими стенками. С помощью данной методики определены скорость распространения ударной волны и декремент затухания волн в минеральном масле ВМГЗ и в масле SAE 30 Motox.

METHOD FOR INVESTIGATION OF WAVE DAMPING EXPERIMENT IN MINERAL OILS USED AS HYDRAULIC FLUIDS IN THE HYDRAULIC DRIVE

Melnikov R.V.

Norilsk state industrial university, Norilsk

Keywords: wave processes, VMGZ, mineral oil, vibrations, hydraulic fluid, SAE 30 Motox.

Abstract. The article is devoted to the study of wave processes in mineral oils used as hydraulic fluid and lubricants. The experimental technique for determining the decrement of shock wave attenuation in a pipeline with rigid walls is presented. Using this technique, the shock wave propagation velocity and the wave attenuation decrement in the VMGZ mineral oil and in SAE 30 Motox oil were determined.

Исследование волновых процессов в жёстких трубопроводах позволяет глубже понять возможности вибрационной диагностики гидравлического привода. При исследовании колебательных процессов, протекающих в рабочих жидкостях в гидросистемах строительных и дорожных машин, важно знать декремент затухания продольных волн в жидкости, а также расстояние, на которое могут распространяться волны от источника. Для исследования декремента затухания для минеральных масел был проведён ряд экспериментов с жидкостями ВМГЗ и SAE-30 Motox на лабораторной установке.

Установка содержала стальную трубу, наглухо заделанную с одного из концов (рис. 1). Труба располагалась вертикально, опиралась через упругую связь на массивную раму и была полностью заполнена жидкостью. В открытый конец трубы вставлялся поршень, плотно прилегающий к поверхности жидкости. В точке, находящейся на расстоянии $\Delta = 0,2$ м от поверхности жидкости, к внешней стороне стенки трубы крепился виброакселерометр AP-40, который подключался к виброанализатору СД-12М.

Температура окружающего воздуха составляла 22°C . Параметры трубы: $d = 21$ мм – внутренний диаметр; $\delta = 3$ мм – толщина стенок; $l = 3,73$ м – её длина.

На поршень сверху по направляющему стержню с высоты 50мм падал груз массой 0,5кг. Падение груза создавало в жидкости область повышенного давления, вследствие чего в ней распространялась продольная волна, вызывавшая, в свою очередь, вибрации стенки трубы (поперечные колебания). Последние вынуждали виброакселерометр генерировать сигнал, пропорциональный виброускорению поверхности трубы в контрольной точке. Сигнал поступал на вход виброанализатора СД-12М, который записывал его в режиме временного сигнала.

На рис. 2 показан график зависимости виброускорения стенки трубы от времени. Время выборки составило 244 мс, количество отсчётов 4000, частота дискретизации 16384. В результате проделанных измерений можно определить, что *интервал времени между двумя соседними периодами, обусловленных распространением продольных волн, составляет в среднем 0,01338 с, соответствующая частота $f = 74,7$ Гц (по результатам 25 измерений). Огибающая данных колебаний показана кривой 1.

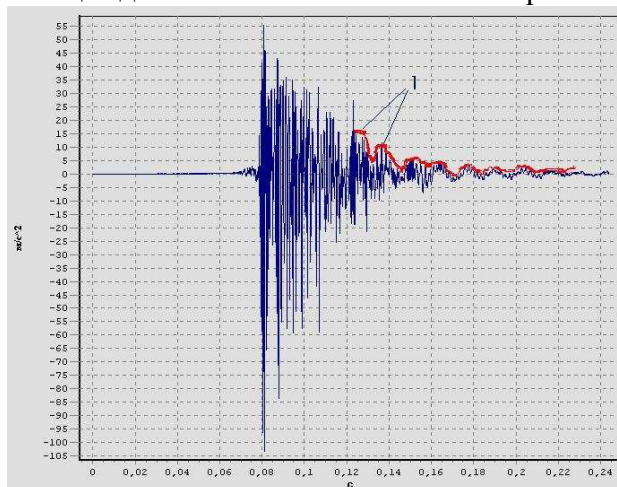


Рис. 2. Зависимость виброускорения стенки трубы от времени, труба заполнена жидкостью ВМГЗ

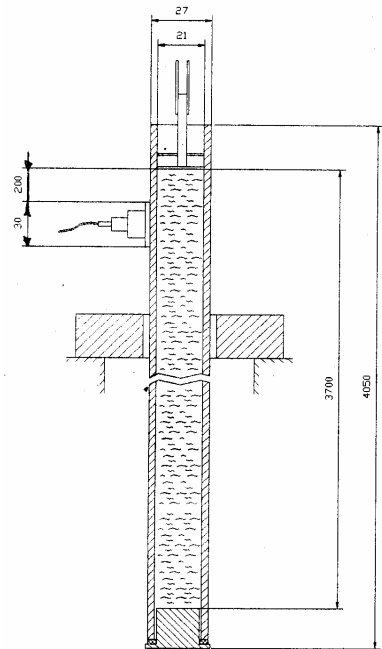


Рис. 1. Схема лабораторной установки для исследования декремента затухания продольных волн в минеральных маслах

Для сравнения приведём графики колебаний стенки трубы, полученный при осевом ударе пружинным пистолетом по пустой трубе (рис. 3). На графике отсутствуют колебания частотой порядка 75 Гц. Сравнение рис. 2 и рис. 3 доказывает, что указанные колебания обусловлены волновыми процессами в жидкости.

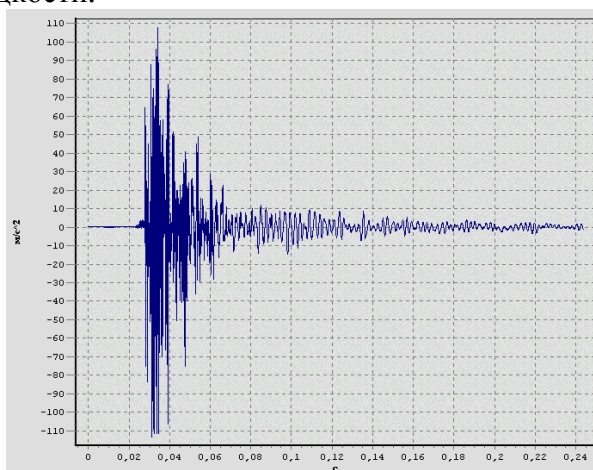


Рис. 3. Зависимость виброускорения стенки пустой трубы от времени

Средняя скорость распространения волны в данной жидкости, полученная на основании вычисления среднего периода

$$v = \frac{4l}{T} = \frac{4 \cdot 3,73}{0,01338} = 1115 \text{ м/с}.$$

Множитель 4 обусловлен тем, что при отражении волны от открытого конца, происходит сдвиг фазы на угол $\varphi = \pi/2$.

При проведении аналогичных опытов с жидкостью SAE-30 Motox было получено значение средней скорости звука 1104 м/с. Полученные экспериментальные значения существенно отличаются от обычно используемой в расчетах скорости равной 1200 м/с, т.е. эксперименты помогут уточнить расчет колебательных режимов ГС ОГП.

Помимо этого в спектре имеются высокочастотные колебания с периодом около 0,002 с ($f=500$ Гц), обусловленные поперечными колебаниями в металле.

Из приведённого на рис. 1 графика видно, что все виды колебаний в данном эксперименте прекращаются за время 0,14 с. При этом количество полных колебаний частотой 74,7 Гц составляет 9-12 в зависимости от используемой жидкости (для ВМГЗ – 10). Это означает, что волна успевает пройти путь 74,6 м, что значительно больше суммарной длины гидрولينий в существующих строительно-дорожных машинах. То есть, данный эксперимент позволяет предположить, что основная гармоника пульсаций давления может обнаруживать себя во всей гидросистеме машины.

Среднеарифметический декремент затухания указанных колебаний составил 1,37 (5 значений декремента), а среднеквадратическое отклонение – $0,54 \text{ м/с}^2$, наиболее вероятная ошибка измерения периода колебаний – $1,8 \cdot 10^{-4} \text{ с}$.

Определим закон затухания колебаний частотой 76,8 Гц в зависимости от расстояния, пройденного волной. Соответствующий закон имеет вид:

$$A = A_0 e^{-\alpha x},$$

где α – коэффициент затухания, x – расстояние, пройденное волной.

Выше было определено, что декремент затухания для исследуемой волны равен 1,37, то есть после прохождения 7,46 метра (двойная длина трубы) амплитуда колебаний уменьшается в 1,37 раза. Тогда

$$\frac{A_1}{A_2} = e^{\alpha(x_2 - x_1)} = 1,37,$$

где $x_2 = 7,46 \text{ м}$ – расстояние, пройденное волной; $x_1 = 0$.

$$\text{Тогда } \alpha = \frac{\ln(A_1 / A_2)}{x_2 - x_1} = \frac{\ln(1,37)}{7,46} = 0,042 \text{ м}^{-1}.$$

Всего за время экспериментов было проведено свыше 60-ти опытов с аналогичными результатами. Из них около 40 – на трубе, заполненной жидкостью, и более 20 – на пустой трубе.

Выводы

1. Декремент затухания для жидкости ВМГЗ для одиночного импульса составляет 1,37. Средняя длина пробега волны до полного затухания составила 74,6 м.

2. Одиночный импульс, создаваемый в гидросистеме, может быть обнаружен в любой точке гидросистемы мобильной строительной или дорожной машины.

3. Скорость распространения продольной волны в жидкости ВМГЗ – 1115 м/с, в масле SAE-30 Motox – 1104 м/с.

Список литературы

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: ГИ ТТЛ, 1950. – 165 с.
2. Чарный И.А. Неустановившееся движение реальной жидкости в трубах. 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Недра, 1975.

Сведения об авторе:

Мельников Роман Вячеславович – к.т.н., доцент кафедры «Технологических машин и оборудования», НГИИ, г.Норильск.