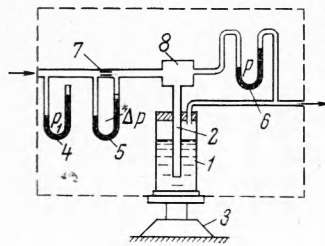


ОБ ОДНОЙ ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ БАРБОТАЖНОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ВИБРАЦИЙ

А. Е. Бершадский (Москва)

Постановка данной задачи возникла в связи с необходимостью использования барботажного метода измерения и плотности жидкостей, находящихся в емкостях, подверженных вибрациям, а также проверки работоспособности барботажного стабилизатора давления в аналогичных условиях.

Исследования проводились на виброустановке с возможным диапазоном колебаний 12—200 гц и амплитудой колебаний 0.05—1.1 мм. Способ измерения амплитуды при помощи микроскопа типа «Мир». Схема экспериментальной установки приведена на фиг. 1, где 1 — барботажная емкость, 2 — барботажная трубка, 3 — виброустановка; 4, 5, 6 — U-образные дифманометры (служат соответственно для измерения давления на входе в систему p_1) перепада давления Δp на мерном дросселе 7 для определения расхода протекающего газа и перепада давления на барботажной системе p ; 8 — камера для сглаживания возможных пульсаций давления питания.



Фиг. 1

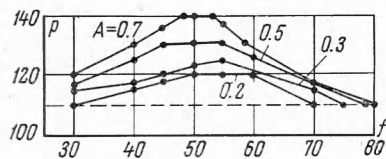
Элементы схемы, очерченные на фиг. 1 пунктирной линией, были собраны на одном щите, который устанавливался на виброустановке и подвергался вибрациям.

В качестве барботажной емкости использовался стеклянный цилиндр внутренним диаметром 80 мм, в который заливалась водопроводная вода. Внутренний диаметр барботажной трубки 4.6 мм, материал — стекло, трубка располагалась по оси барботажной емкости.

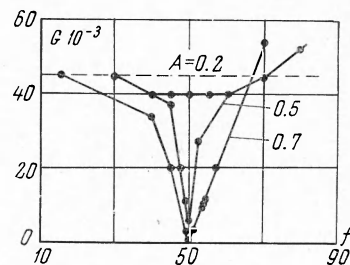
В процессе эксперимента определялось влияние изменений амплитуды A и частоты f на изменение значения перепада давления p^* на барботажной системе (через p^* обозначена величина перепада давления на барботажной системе при вибрациях).

Величина p , как показано в [1], однозначно характеризует плотность, или уровень жидкости, или значение стабилизированного давления. Эксперимент проводился при постоянном значении p_1 , соответствующим значению $p = 110$ мм водн. ст.

Зависимость давления p в мм водн. ст. от частоты f гц для различных значений амплитуд $A = 0.2, 0.3, 0.5$ и 0.7 мм приведена на фиг. 2. Как видно из фиг. 2, с увеличением f происходит увеличение p^* и достигает максимума при $f = 50$ гц, далее с ростом f величина p^* падает и при f от 70 до 80 гц значение p^* возвращается к исходному.



Фиг. 2



Фиг. 3

Ниже приведены результаты измерения p в мм. водн. ст. для ряда значений частот f при различных амплитудах A

f	30	40	45	50	55	60	70	80	
$p^* = 110$	115	117.5	120	120	120	110	110	110	($A = 0.2$)
$p^* = 114$	117	120	122	124	121	115	110	110	($A = 0.3$)
$p^* = 117$	125	130	130	130	126	117	110	110	($A = 0.5$)
$p^* = 120$	130	135	140	137	128	117	111	111	($A = 0.7$)

Максимальное значение p^* при $f = 50$ гц составляет по отношению к p барботажной системы, работающей в условиях отсутствия вибраций, 110—130%. Значение p без вибраций показано на фиг. 2 пунктирной прямой. Максимальное значение p зависит и от амплитуды накладываемых колебаний, т. е. с ростом амплитуды p растет.

На фиг. 3 представлен график зависимости массового расхода воздуха G в кг/час, продуваемого через систему, от A и f накладываемых колебаний.

При анализе фиг. 3 обращает на себя внимание уменьшение расхода продуваемого воздуха через барботажную систему при $f = 50$ гц с последующим увеличением рас-

хода воздуха при $f = 80$ гц. Пунктирной прямой на фиг. 3 показан расход воздуха G через систему при отсутствии колебаний.

Расход продуваемого воздуха существенно зависит от как частоты, так и от амплитуды накладываемых колебаний. Так, для постоянной частоты, равной 50 гц, измеренные значения G в зависимости от амплитуды A дали следующие результаты:

$A =$	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
$10^3 G =$	40	34	27	20	0	0	0	0	0	0

Таким образом, эффект резкого уменьшения G (практически равного нулю) начинается со значения $A = 0.6$ мм и длится до значения $A = 1.1$ мм, значения A свыше 1.1 мм не исследовались ввиду отсутствия возможности получения на данном вибростенде амплитуд более 1.1 мм. Рассматривая фиг. 2, 3, можно сделать вывод, что существуют некоторая полоса частот и зона изменений амплитуд, где влияние колебаний на работу барботажной системы весьма существенно. Отмеченное явление снижения расхода продуваемого газа через барботажную систему в условиях вибраций может быть использовано и в качестве положительного фактора (например, при использовании дефицитного газа типа гелия). Дать теоретическое объяснение наблюдаемым явлениям пока не представляется возможным. Эксперименты позволили установить следующие факты.

Эксперимент, проведенный для двух значений глубин погружения барботажной трубки, показал, что характер зависимости G и p от частоты и амплитуды с изменением глубины погружения барботажной трубки не меняется.

Так, измеренные значения p и G для двух глубин погружения H в мм водн. ст. барботажной трубки дали следующие результаты:

$f =$	15	30	40	50	60	70	
$p^* =$	220	228	230	232	225	213	($H = 200$)
$p^* =$	120	124	132	134	130	121	($H = 100$)
$10^3 G =$	40	33.5	25	11	25	45	($H = 200$)
$10^3 G =$	33.5	15	5	4	16	33	($H = 100$)

Эксперимент проводился при $A = 0.3$ мм = const.

С ростом частоты и амплитуды наблюдалось разбивание воздушного пузыря на мелкие сферические пузырьки, причем при достижении частоты 50 гц весь объем жидкости в барботажной емкости становился заполненным мелкими пузырьками. При достижении частоты 80 гц наблюдалось интенсивное кипение зеркала жидкости мелкими всплесками. При частоте 50 гц и амплитуде свыше 0.6 мм наблюдалась картина, изображенная на фиг. 4, где 1 — барботажная емкость, 2 — вода в емкости, 3 — барботажная трубка, 4 — вода в барботажной трубке.

Наблюдаемая картина была крайне неустойчива: вода передвигалась по длине трубки, исчезала и появлялась заново. Это в первом приближении можно объяснить образованием вакуума в момент действия отрицательного ускорения. Следствием вакуума является бурное вскипание, в том числе — и за счет испарения жидкости, а также попадание жидкости в барботажную трубку.

Не исключена возможность изменения механизма действия поверхностных сил в условиях вибраций. Точки образования вакуума — граница соприкосновения жидкости со стенками сосуда, жидкости с барботажной трубкой, зеркала жидкости с газовой фазой — именно в этих местах наблюдается вскипание жидкости.

Кроме того, очевидно, имеет место явление разрыва жидкости в результате больших перегрузок, которые достигали в рассматриваемой экспериментальной установке довольно больших величин. Так, например, при $f = 50$ гц и $A = 0.5$ мм перегрузка

$$j = \frac{A\omega^2}{g} = \frac{0.5 \times 10^{-3} (2 \times 3.14 \times 50)^2}{9.81} = 5$$

Здесь ω — круговая частота в сек⁻², равная $\omega = 2\pi f$.

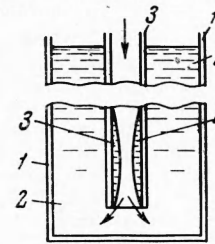
Экспериментальная установка, изображенная на фиг. 1, была также подвержена вибрациям в широком диапазоне частот и амплитуд, но без жидкости в барботажной емкости, при том же значении давления питания никаких эффектов уменьшения расхода воздуха в этом случае не наблюдалось.

Автор благодарит И. А. Чарного за обсуждение работы.

Поступила 21 V 1966

ЛИТЕРАТУРА

1. Бершадский А. Е., Баскина О. З. Исследование барботажной системы Сб. Моск. ин-та нефтехим. и газовой пром-сти. Изд. «Недра», 1966, вып. 59



Фиг. 4