

ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ БАЛАНСИРОВКИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПУЛЬСАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ В НАПОРНОЙ МАГИСТРАЛИ

В. Е. Питолин

УО «Полоцкий государственный университет», Новополоцк, Беларусь

Предлагаемый способ разработан автором совместно с ОАО «ЛГМ» для снижения уровня пульсаций давления в напорной магистрали ЦН [1].

Статическая и динамическая балансировки рабочего колеса (РК) центробежного насоса (ЦН), обеспечивающие совпадение оси инерции масс ротора и оси вращения РК, являются обязательными технологическими операциями при его изготовлении.

Однако ЦН характеризуется еще одним источником акустической энергии, который проявляется на оборотной частоте 25 Гц в виде пульсаций давления (рис. 1).

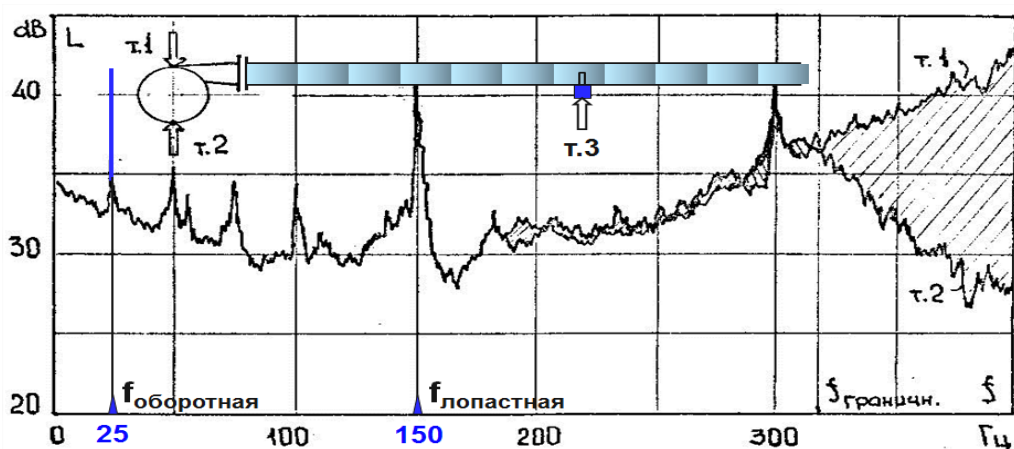


Рис. 1. Спектрограмма вибрации и шума ЦН

Причина появления пульсаций давления на оборотной частоте – смещение геометрического центра отбалансированного РК O' относительно оси его вращения O (рис. 2), произошедшего по различным технологическим причинам в процессе его изготовления.

Взаимодействие неравномерного по сечению межлопастного канала РК потока жидкости с неравномерным по периметру РК полем статических давлений в спиральном отводе ЦН вызывает вибрацию и звук на ло-

пастной частоте, но при смещении геометрического центра РК относительно оси его вращения может стать источником пульсаций давления и на оборотной частоте.

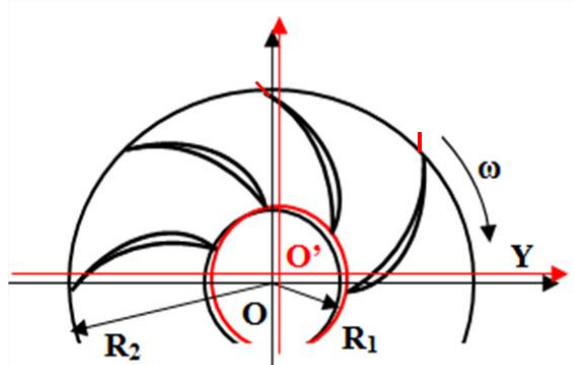


Рис. 2. Схема смещения геометрического центра РК

Спиральный сборник ЦН для обеспечения осесимметричного потока рассчитан на одну подачу, на других он работает как конфузур (при малых подачах) или диффузор (при больших), а в районе «языка» отвода возникает резкий перепад давлений, приводящий к изменению количества движения массы жидкости в канале. Это является основной причиной вибрации и звука ЦН на лопастной частоте.

В работах [2 и 3] приведены кинематическая схема и методика расчета ожидаемых амплитуд и фаз вибрации корпуса ЦН и звука на лопастной частоте по его геометрическим характеристикам и параметрам жесткости амортизирующего крепления.

Но при существенном смещении геометрического центра РК в гидравлическом тракте ЦН могут возникать пульсации давления и на оборотной частоте, являющиеся производной (огибающей) основного процесса на лопастной частоте. Особенность процесса – зависимость амплитуды пульсаций от подачи ЦН (как известно величина дисбаланса к изменению подачи ЦН не чувствительна).

Для устранения этих пульсаций давления на корпус ЦН необходимо установить пульсатор – источник контризлучения (привод поршня пульсатора необходимо присоединить к фундаментным конструкциям), а на вал ЦН установить съемное балансирующее устройство (рис. 3).

Настройка излучателя звука по амплитуде когерентного сигнала в противофазе к собственному звуку ЦН выполняется одним из известных методов динамической балансировки, но вместо сигнала с датчика виброскорости в балансируемый комплект приборов (например, «VibroPort») вводится сигнал с гидрофона (рис. 4).

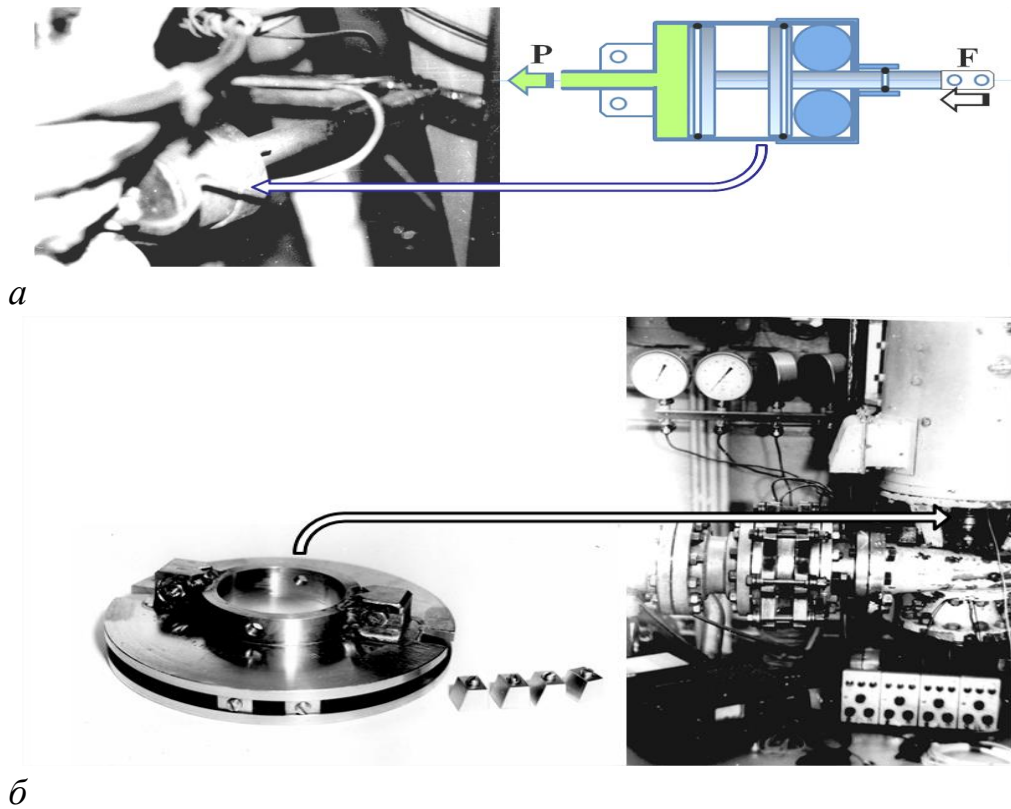


Рис. 3. Установка пульсатора (а) и накладного балансировочного устройства (б) для снижения пульсаций давления ЦН на оборотной частоте

Эксперимент выполнялся на ЦН 10ВФ-18 ОАО «ЛГМ» (рис. 4).

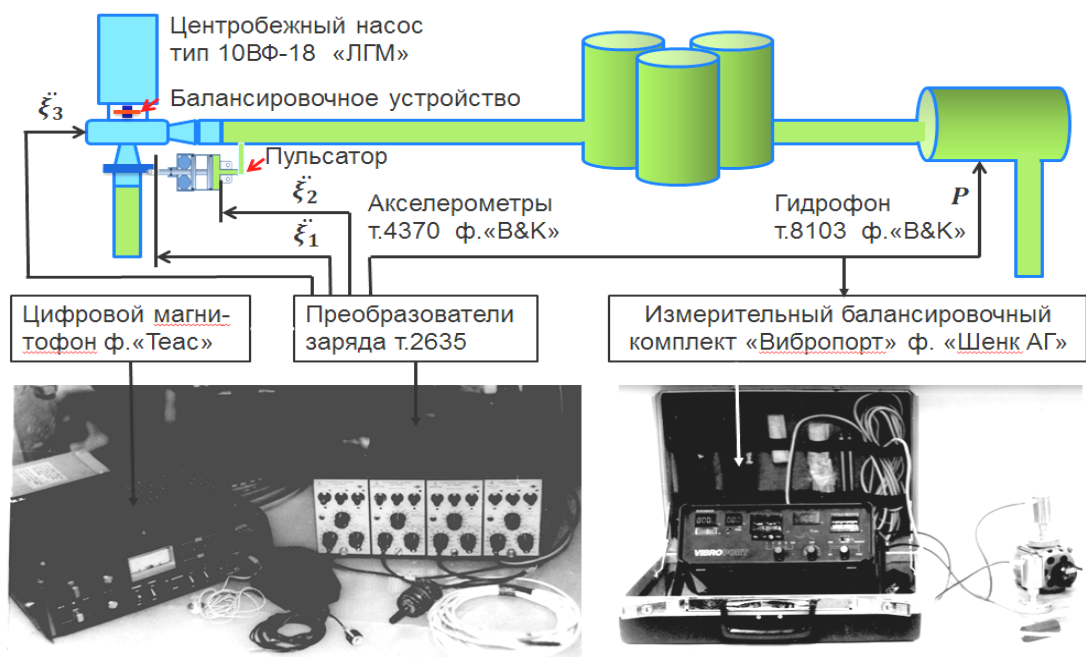


Рис. 4. Схема проведения эксперимента в натуральных условиях

Результаты экспериментов в относительных единицах – децибелах, $P = 20 \cdot \log(P_{изм}/P_0)$ [дБ], где $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па, представлены в табл.

Таблица

Результаты измерений

Положение грузов	P_z [дБ]	φ_z [град]	P_n [дБ]	φ_n [град]	P_n [дБ]	φ_n [град]
Без грузов	39	-78°	36	+145°	43	-61°
2 x 90°	33	+17°	43	+101°	43	-61°
2 x 170°	29	-170°	41	+160°	39	-30°
0,5 x 0°	38	-62°	32	+171°	40	-43°
4 x 0°	42	+30°	40	+38°	42	-70°
4 x 170°	27	-10°	41	+90°	41	-65°
4 x 200°	24	-33°	42	+140°	41	-38°

Согласно результатам измерений можно сделать следующие заключения:

1. Балансировка по корпусу ЦН (классическая) не снижает уровня пульсаций давления в напорном трубопроводе (поз. 4, табл.).

2. Установка 4-х грузов на балансировочном устройстве безусловно ведет к увеличению вибрации корпуса ЦН (поз. 5 – 7, табл.), но обеспечивает возбуждение пульсатора в противофазе к основному сигналу ЦН, что снижает абсолютный уровень пульсаций давления ЦН на оборотной частоте практически в 7 – 8 раз (поз. 7, табл.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Питолин, В.Е. Описание изобретения «Устройство для снижения пульсаций давления в нагнетательном трубопроводе насоса» / В.Е. Питолин, В.С. Пашин, М.В. Чернов. – № 1370322 // Открытия. Изобрет. – 1988. – № 4. – С. 137.

2. Питолин, В.Е. Построение математической модели процесса возбуждения динамических составляющих поперечных сил в рабочем колесе центробежного насоса / В.Е. Питолин // Вест. ПГУ. Сер. С, Фундамент. науки. – 2011. – № 4. – С. 52 – 58.

3. Питолин, В.Е. Теоретическое исследование сил гидродинамического происхождения, вызывающих вибрацию центробежных насосов / В.Е. Питолин // Вест. ПГУ. Сер. Ф, Стр-во. Приклад. науки. – 2012. – № 16. – С. 85 – 92.