

ДЕМПФИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ ДАВЛЕНИЯ НА ВЫХОДЕ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

Бобков А.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет», Комсомольск-на-Амуре, Россия (681013, Комсомольск-на-Амуре, ул. Ленина, д. 27), e-mail: bobkov@knastu.ru

Статья посвящена проблеме демпфирования колебаний давления на выходе лопаточной машины, и в частности центробежного насоса, путём установки в напорный трубопровод устройств, оказывающих гидравлическое сопротивление течению рабочего тела. При определённых условиях эти колебания могут генерировать резонансные явления в системе трубопроводов и исполнительных устройств, снижая надёжность их эксплуатации. Рассматривается возможность демпфирования колебаний с помощью фронтальных турбулизаторов, расположенных поперёк течения потока. Фронтальные турбулизаторы изготавливались из перфорированных пластин и металлических сеток. Результаты исследований показали, что лучшими демпфирующими свойствами обладают фронтальные турбулизаторы из сеток. С ростом числа Рейнольдса фронтальные турбулизаторы, изготовленные из перфорированных пластин, проявляют не демпфирующие, а генерирующие свойства, приводящие к росту амплитуды колебаний давления.

Ключевые слова: центробежный насос, колебания давления, фронтальный турбулизатор, демпфирование, гидравлическое сопротивление

DAMPING PRESSURE OUTPUT CENTRIFUGAL PUMP

Bobkov A.V.

State educational institutional of higher professional educational "Komsomolsk-na-Amure state technical university" Komsomolsk-on-Amur, Russia (681013, Komsomolsk-on-Amur, Lenin Str., 27) e-mail: bobkov@knastu.ru

The article deals with the problem of damping of pressure fluctuations at the output of the machine and the blade, in particular, the centrifugal pump by installing a discharge pipe devices that provide resistance to flow of hydraulic working fluid. Under certain conditions, these fluctuations can generate resonance phenomena in a system of pipelines and execution units, reducing the reliability of their operation. The possibility of damping of turbulence by means of the front, located across the river flow. Front turbulators were made of perforated metal plates and grids. The results showed that the best damping properties of the turbulators have a front mesh. With increasing Reynolds number turbulence promoters wheel, made of perforated plates, showing no damping, and generating properties, leading to an increase in the amplitude of pressure fluctuations.

Keywords: centrifugal pump, pressure fluctuations, front turbulator, damping, hydraulic resistance.

Пульсации давления в напорной магистрали после центробежного насоса являются следствием механизма передачи энергии от рабочего колеса к рабочему телу, осуществляемому только при наличии перепада давления на лопатках [1; 2]. Этот перепад является источником колебания давления с лопаточной частотой $f_{л}$ [3; 6]:

$$f_{л} = nz ,$$

где n – число оборотов в секунду; z – число лопаток РК.

Колебания давления распространяются вдоль проточных трубопроводов и могут значительно влиять на эксплуатационные параметры энергетической системы [4; 5; 7].

Установка фронтального турбулизатора (ФТ) на пути потока, с целью его

мелкомасштабной турбулизации, очевидно, может повлиять на амплитудно-частотную характеристику пульсаций давления рабочего тела. Причём теоретически возможны два диаметрально противоположных результата. В одном случае ФТ может выполнить функции демпфера (гасителя колебаний), а в другом – генератора колебаний.

С целью практической оценки демпфирующих качеств ФТ были проведены экспериментальные исследования по замеру пульсаций статического давления в стационарном канале до и после ФТ.

В качестве источника пульсаций давления использовался центробежный малорасходный насос. Рабочим телом служила вода. Статическое давление перед ФТ поддерживалось равным $2,28 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$. В систему измерения входили датчики давления и двухлучевой запоминающий осциллограф С8-9А, применение которого позволило уменьшить время проведения экспериментов. В качестве примера на рис. 1 представлена осциллограмма пульсации давления до и после ФТ.

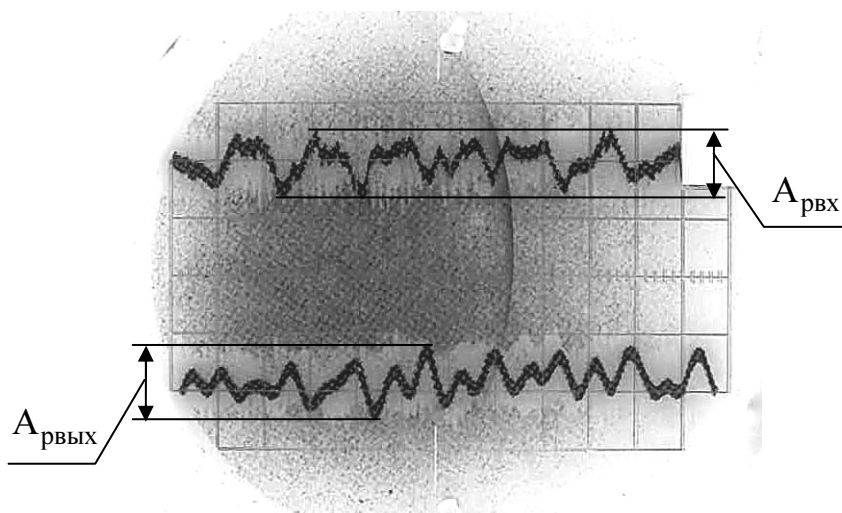


Рис. 1. Схема определения амплитуды колебаний давления на осциллограмме.

В качестве фронтальных турбулизаторов использовались перфорированные металлические пластины или плетёные сетки 045, 0056 (обозначение по ГОСТу), устанавливаемые поперёк трубопровода.

Оценка демпфирующих свойств ФТ производилась с помощью приведённой амплитуды колебания давлений:

$$\bar{A}_p = \frac{A_{p_{\text{ВЫХ}}}}{A_{p_{\text{ВХ}}}},$$

где $A_{p_{вх}}$ – двойная амплитуда колебаний давления до ФТ; $A_{p_{вых}}$ – двойная амплитуда колебаний давления после ФТ. На рис. 2, в качестве примера, дана иллюстрация 2 вариантов изменения амплитудно-частотных характеристик пульсаций после прохождения потока через ФТ.

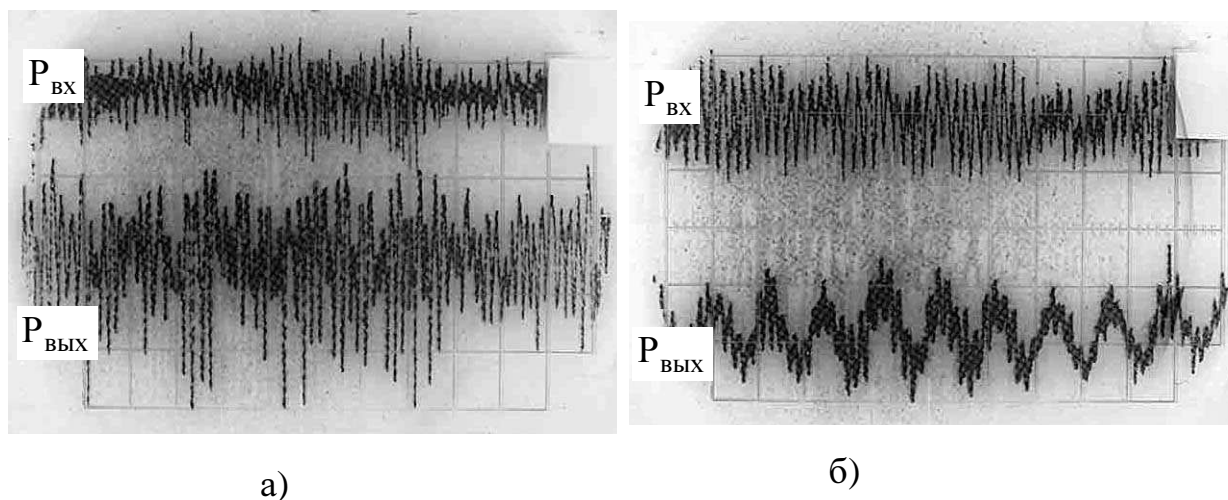


Рис. 2. Характер влияния ФТ на пульсацию давления:
а) ФТ из перфорированной пластины;
б) ФТ из сетки.

При интерпретации результатов испытаний значение $\bar{A}_p = 1$ расценивалось, как отсутствие влияния ФТ на динамические параметры потока. Интервал $\bar{A}_p < 1$ указывал на то, что ФТ уменьшает амплитуду колебаний, а неравенство $\bar{A}_p > 1$ позволяло сделать вывод о том, что ФТ увеличивает амплитуду колебаний.

На рис. 3 представлены результаты исследований в виде графической зависимости $\bar{A}_p = f(Re_{w1})$. Здесь приняты обозначения: П1 – перфорированная пластина толщиной 1 мм и коэффициентом живого сечения 0,3; П2 – перфорированная пластина толщиной 2 мм и коэффициентом живого сечения 0,3; С1 – сетка 045; С1 – сетка 0056; Re_{w1} – число Рейнольдса, зависящее от относительной скорости потока, набегающего на ФТ.

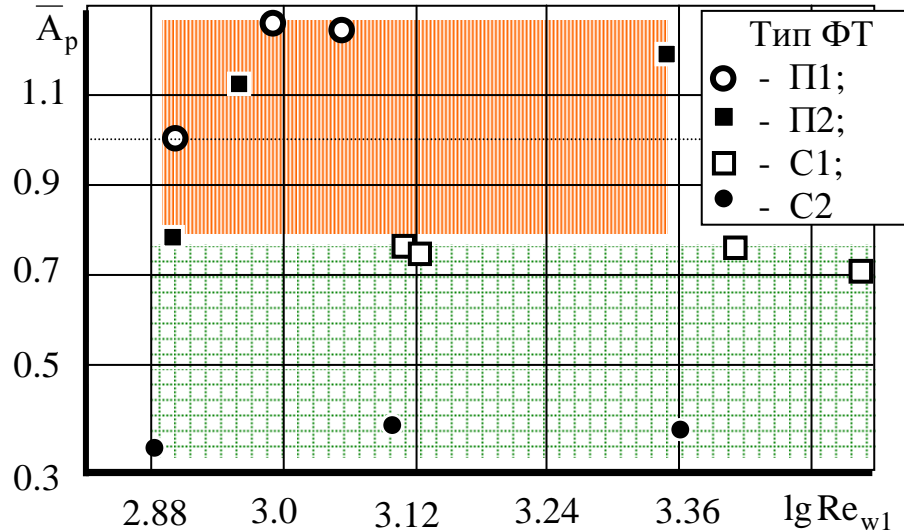
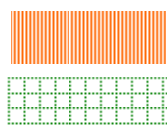


Рис. 3. Области демпфирующих свойств ФТ различного исполнения:



- область демпфирования ФТ из перфорированной пластины;

- область демпфирования ФТ из сетки.

Лучшие демпфирующие свойства показали плетёные сетки, коэффициент сопротивления $\xi_{\text{ФТ}}$ которых оказался в диапазоне $\xi_{\text{ФТ}}=0,4-0,8$.

При увеличении коэффициента сопротивления ФТ до $\xi_{\text{ФТ}}=200-600$ подавление колебаний происходило лишь при малых значениях числа $Re_{w1}<800$. С ростом числа Рейнольдса ФТ из перфорированных пластин проявляют не демпфирующие, а генерирующие свойства. Амплитуда пульсаций увеличивается. Объясняется это тем, что коэффициенты сопротивления ФТ при больших Re_{w1} на один, два порядка выше оптимальных.

Список литературы

1. Высокооборотные лопаточные насосы / [под ред. Б.В. Овсянникова и В.Ф. Чебаевского]. – М. : Машиностроение, 1975. – 336 с.
2. Гостелуо Дж. Аэродинамика решеток турбомашин. – М. : Мир, 1987. – 392 с.
3. Памрин. Аэродинамика малогабаритных компрессоров и вентиляторов // Тр. Амер. об-ва инж.-мех. Энергетические машины и установки. – 1973. – № 3. – С. 125-132.
4. Перовщиков С.И. Разработка научных основ управления вибрацией гидродинамического происхождения в центробежных насосах магистральных трубопроводов : дис. д-ра техн. наук. – Тюмень, 2004. – 347 с.
5. Попов Д.Н. Нестационарные гидромеханические процессы. – М. : Машиностроение, 1982. – 240 с.
6. Соколов Ю.Н. Основы единой теории лопастных машин (насосов, вентиляторов, воздуходувок). – Томск : ТПИ, 1973. – 217 с.

7. Чумаченко Б.Н. Теоретические основы и экспериментальные исследования с целью создания проточных частей лопастных насосов, обеспечивающих сочетание высоких КПД, всасывающей способности и низкого уровня вибраций : автореферат дисс. ... д-ра техн. наук / Исследовательский центр им. М.В. Келдыша. – М., 2002. – 35 с.

Рецензенты

Евстигнеев А.И., д.т.н., профессор, проректор по НР, ФГБОУ ВПО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет», г. Комсомольск-на-Амуре.

Феоктистов С.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Технология самолётостроения» ФГБОУ ВПО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет», г. Комсомольск-на-Амуре.