

## АНАЛИЗ ПРИЧИН СОЗДАНИЯ ШУМА СУДОВЫМИ НАСОСАМИ

Тиранов И.А.<sup>1</sup>, Тиранов П.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Тиранов Илья Анатольевич - студент Института судостроения и морской арктической техники (Севмашвтуз) филиала САФУ в г. Северодвинске

<sup>2</sup>Тиранов Павел Анатольевич - студент Института судостроения и морской арктической техники (Севмашвтуз) филиала САФУ в г. Северодвинске  
г. Северодвинск, Российская Федерация

**Аннотация:** С развитием науки и технологий, а также с повышением осведомленности общества о воздействии человека на окружающую среду, влияние шумового загрязнения стало более заметным. Статистика, анализ и стратегия контроля шумовых данных в различных областях вызвали интерес в разных странах и регионах. Негативное влияние шума насосов при их работе на здоровье человека также привлекло широкое внимание.

**Ключевые слова:** насос, шум, центробежный насос, частота, кавитация.

## ANALYSIS OF THE CAUSES OF NOISE CREATION BY SHIP PUMPS

Tiranov I.A.<sup>1</sup>, Tiranov P.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tiranov Ilya Anatolevich - the student at the Institute of Shipbuilding and Marine Arctic Engineering (Sevmashvtuz) of the NArFU branch in Severodvinsk

<sup>2</sup>Tiranov Pavel Anatolevich - the student at the Institute of Shipbuilding and Marine Arctic Engineering (Sevmashvtuz) of the NArFU branch in Severodvinsk  
Severodvinsk, Russian Federation

**Abstract:** With the development of science and technology, as well as with an increase in awareness of the impact on the human environment, the impact of noise pollution has become more noticeable. The statistics, analysis and strategy for controlling noise data in various fields has generated interest in different countries and regions. The negative impact of pump noise on human health has also attracted widespread attention.

**Keywords:** pump, noise, centrifugal pump, frequency, cavitation.

УДК 62-192



В качестве основных устройств преобразования энергии центробежные насосы постепенно находят применение в промышленности, сельском хозяйстве, транспорте, архитектуре и т. д. Из-за сложности потока внутри насосов создается сильный шум, вызванный потоком. Например, шум, создаваемый одноступенчатым центробежным насосом одностороннего всасывания мощностью 22 кВт в воздушной и водной среде, достигает 94 дБ и 180 дБ при номинальных рабочих условиях, соответственно, оба из которых намного выше, чем международный стандарт. Неожиданный высокий уровень шума может повлиять на стабильность работы, условия жизни и труда, а также на здоровье человека. Таким образом, изучение шума, создаваемого потоком, создаваемого центробежными насосами, чрезвычайно важно с точки зрения инженерии, защиты окружающей среды и здоровья человека.

### **Механизм генерации и путь распространения шума, создаваемого потоком**

Шум, вызванный потоком, который связан с различными сложными явлениями внутри насосов, играет решающую роль в оценке уровня шума центробежных насосов с хорошей конструкцией и стабильной установкой. В таблице 1 приведены различные явления потока и механизмы генерации шума.

Для оценки уровня шума, создаваемого вышеуказанными явлениями, наиболее широко используемыми стандартами являются уровень звукового давления (УЗД) и общий уровень звукового давления (ОУЗД). УЗД и ОУЗД определяются как [1],

$$SPL = 20 \lg \frac{Pe}{Pref} \quad (1)$$

$$TSPL = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{SPL_i/10} \quad (2)$$

где  $Pref$  - эталонное звуковое давление ( $2 \cdot 10^{-5}$  Па в воздухе,  $1 \cdot 10^{-6}$  Па в воде),  $n$  - количество частот,  $Pe$  - эффективное звуковое давление и определяется как,

$$Pe = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p^2 dt}, \quad (3)$$



В настоящее время анализ шума, вызванного взаимодействием ротора и статора и кавитацией, составляет большую часть.

Таблица 1 - Сложные явления потока и механизм генерации шума, вызванного потоком.

Явления потока	Механизм генерации шума
Взаимодействие ротора и статора	Между лопаткой и спиральной частью возникает периодическое столкновение. Ширина проточного канала периодически изменяется, что вызывает периодические колебания давления и шум.
Кавитация	Пузырьки, образующиеся в результате кавитации, взрываются при контакте с твердой поверхностью в области высокого давления, что вызывает волны давления, которые приводят к генерации шума.
Турбулентность	В сочетании с эффектом следа струи на выходе из крыльчатки взаимодействие между лопастью и высокоскоростной жидкостью приводит к тому, что лопасть постоянно подвергается воздействию неустойчивой нагрузки, и возникает широкополосный шум.
Обратный поток	Предварительное вращение происходит на входе в рабочее колесо, образуются сильные завихрения и вихревые полосы. Затем возникают колебания давления с низкой частотой, которые дополнительно вызывают низкочастотный шум.
Вращающийся срыв	В условиях низкого расхода в рабочем колесе образуется вихрь срыва, который блокирует проход потока и вызывает низкочастотный шум.
Гидравлический удар	Происходит быстрое изменение скорости потока, что может вызвать прерывистый шум.

### **Взаимодействие ротора и статора**

В процессе движения жидкости физические величины, такие как давление, скорость и завихренность, в определенной пространственной точке внутри насосов быстро колеблются один раз при прохождении лопасти. При непрерывном вращении лопастей физические величины периодически колеблются, то есть эффект взаимодействия ротора и статора существует во всех насосах. В качестве основной причины шума, создаваемого потоком, взаимодействие ротора и статора может вызывать частотные характеристики шума, вызванного потоком, в различных точках мониторинга, в которых преобладают характеристические частоты, такие как частота прохождения лопаток и ее гармонические частоты в низкочастотном диапазоне. Как показано



на рисунке 1, уровень звукового давления достигает пика на частоте 290 Гц и его высших гармониках, а также имеет тенденцию к снижению [2].

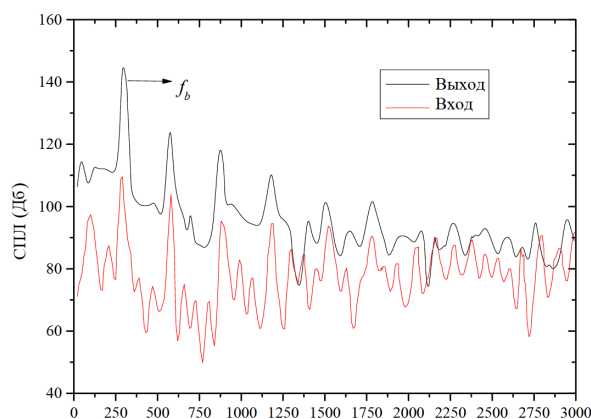
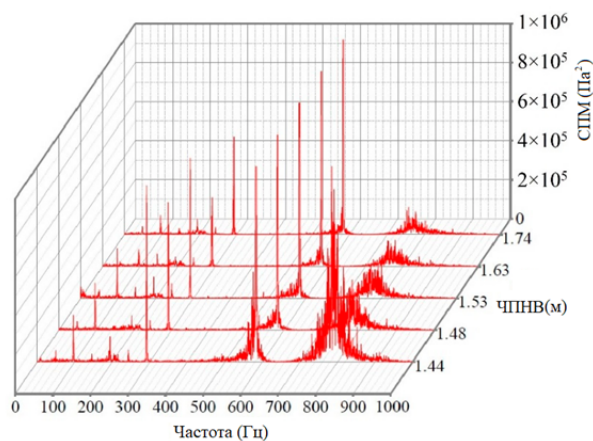


Рис. 1 - Амплитудно-частотные характеристики шума, вызванного взаимодействием ротора и статора на впускных и выпускных трубопроводах

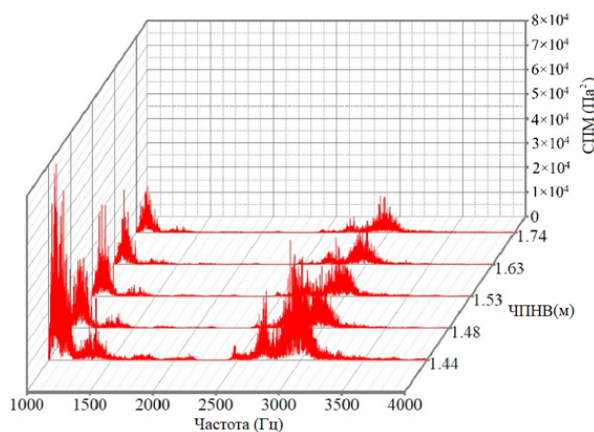
### Кавитация

В отличие от шума, вызванного взаимодействием ротора и статора, шум, вызванный кавитацией, является разновидностью широкополосного шума и концентрируется в высокочастотной полосе. На стадии зарождения кавитации уровень шума в широкополосной полосе незначительно снижается. С уменьшением доступного чистого положительного напора на всасывании (ЧПНВ) характеристики периодических колебаний звукового давления постепенно исчезают, а интенсивность звукового давления на впускном и выпускном трубопроводах соответственно уменьшается и увеличивается. На рисунке 2 показаны частотные характеристики спектральной плотности мощности (СПМ) сигнала звукового давления на выходе из патрубка. С уменьшением ЧПНВ характеристики частотной характеристики, в которых преобладают характеристические частоты, постепенно ослабевают в низкочастотном диапазоне, что означает, что кавитация может в некоторой степени препятствовать взаимодействию ротора и статора [3]. Когда частота выше 1000 Гц, колебания сигнала СПМ значительно усиливаются.





(a)



(б)

Рис. 2 - Частотные характеристики сигнала спектральной плотности мощности (СПМ) звукового давления на выходе из трубы при различной доступной чистой положительной высоте всасывания (ЧПНВ)  
(а) 0–1000 Гц; (б) 1000–4000 Гц

Таким образом, вызванный поток шум центробежных насосов связан с различными явлениями потока. Были достигнуты большие успехи в анализе механизма генерации и частотные характеристики шума, вызванного взаимодействием ротор-статор и кавитацией. Между тем, стратегия управления двумя видами шума также была разработана. Однако существует немного исследований, посвященных анализу генерации, распределения и стратегии управления шумом, вызванным другими факторами с незаметными характеристиками, в том числе турбулентностью, обратным потоком, вращающимся срывом и гидравлическим ударом. Фактически, в центробежных насосах в различных условиях эксплуатации существует явление турбулентности [4]. Обратный поток, вращающийся срыв и гидроудар также



появляются в процессе регулирования состояния. Следовательно, необходимо уделять больше внимания этим видам шума в последующих исследованиях, чтобы углубить всестороннее понимание механизма генерации и характеристик распределения шума, вызванного потоком, а также для дальнейшего содействия развитию стратегии контроля шума.

#### *Список литературы*

1. В. С. Сырков Судовые вспомогательные механизмы [Текст]: курс лекций; Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. Арктический морской ин-т им. В. И. Воронина. - СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2018. – 236 с.
2. ГОСТ 34251-2017: Насосы гидравлические. Испытания на шум.
3. Петрина Н.П. Судовые насосы – Л.: Судпромгиз, 1962. – 486 с.
4. Будов В. М. Судовые насосы: Справочник. – Л.: Судостроение, 1988. – 432 с.

