

УДК 623.8

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ НАСОСОВ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПАРОТУРБИНЫХ УСТАНОВОК

¹Гусев И.В., ²Кирюхин А.А., ²Чубаров Ф.Л.

¹ОАО «Калужский турбинный завод», Калуга, e-mail: gusv09@mail.ru;

²Калужский филиал, Московский государственный технический университет
им. Н.Э. Баумана, Калуга, e-mail: gusv09@mail.ru

В статье приводится сравнительный анализ массогабаритных и вибрационных характеристик циркуляционных насосов с турбо- и электроприводами, входящих в систему охлаждения современных паротурбинных установок, а также информация о новой модели герметичного циркуляционного насоса с синхронным электродвигателем. Определено превосходство герметичного циркуляционного насоса с синхронным электродвигателем по массогабаритным характеристикам. Также на основе опытных данных выявлено превосходство данной модели насоса по вибрационным характеристикам в широком диапазоне частот. Анализируются превышения вибраций и шумов на отдельных частотах. Определяются пути решения данной проблемы, а также направления дальнейших исследований. Превышения вибрации и шумов на отдельных частотах предлагается устранить путем перепрограммирования преобразователя частоты и установки узкополосных фильтров до 160 Гц.

Ключевые слова: массогабаритные характеристики, вибрационные характеристики, циркуляционный насос, паротурбинная установка, система охлаждения, спектрограмма

THE COMPARING OF CHARACTERISTICS OF THE COOLING SYSTEM CIRCULATION PUMPS OF THE MODERN STEAM TURBINE INSTALLATIONS

¹Gusev I.V., ²Kiryukhin A.A., ²Chubarov F.L.

¹JSV «Kaluzhskiy Turbinnyy Zavod», Kaluga, e-mail: gusv09@mail.ru;

²The Kaluga branch of Moscow State Technical University
named after N.E. Bauman, Kaluga, e-mail: gusv09@mail.ru

The article provides the analysis of weight and size and vibration characteristics of the cooling system circulation pumps of the modern vehicle type steam turbine installations, as well as information on the new model of the sealed circulation pump with synchronous motor. It is defined a superiority sealed circulator with synchronous motor on the weight and size characteristics. On the basis of the experimental data, the superiority of this model of the pump on the vibration characteristics in a wide frequency range also showed. The excess of vibration and noise at certain frequencies offered remedied by reprogramming of the frequency converter and narrow-band filters setting. The vibration and noise excess at certain frequencies is analyzed. The ways of solving this problem are identified, as well as directions for further research. The vibration and noise excess at certain frequencies is offered to remedied by reprogramming the frequency converter and installing narrowband filters to 160 Hz.

Keywords: physical characteristics, vibration characteristics, circulation pump, steam-turbine plant, cooling system, the spectrogram

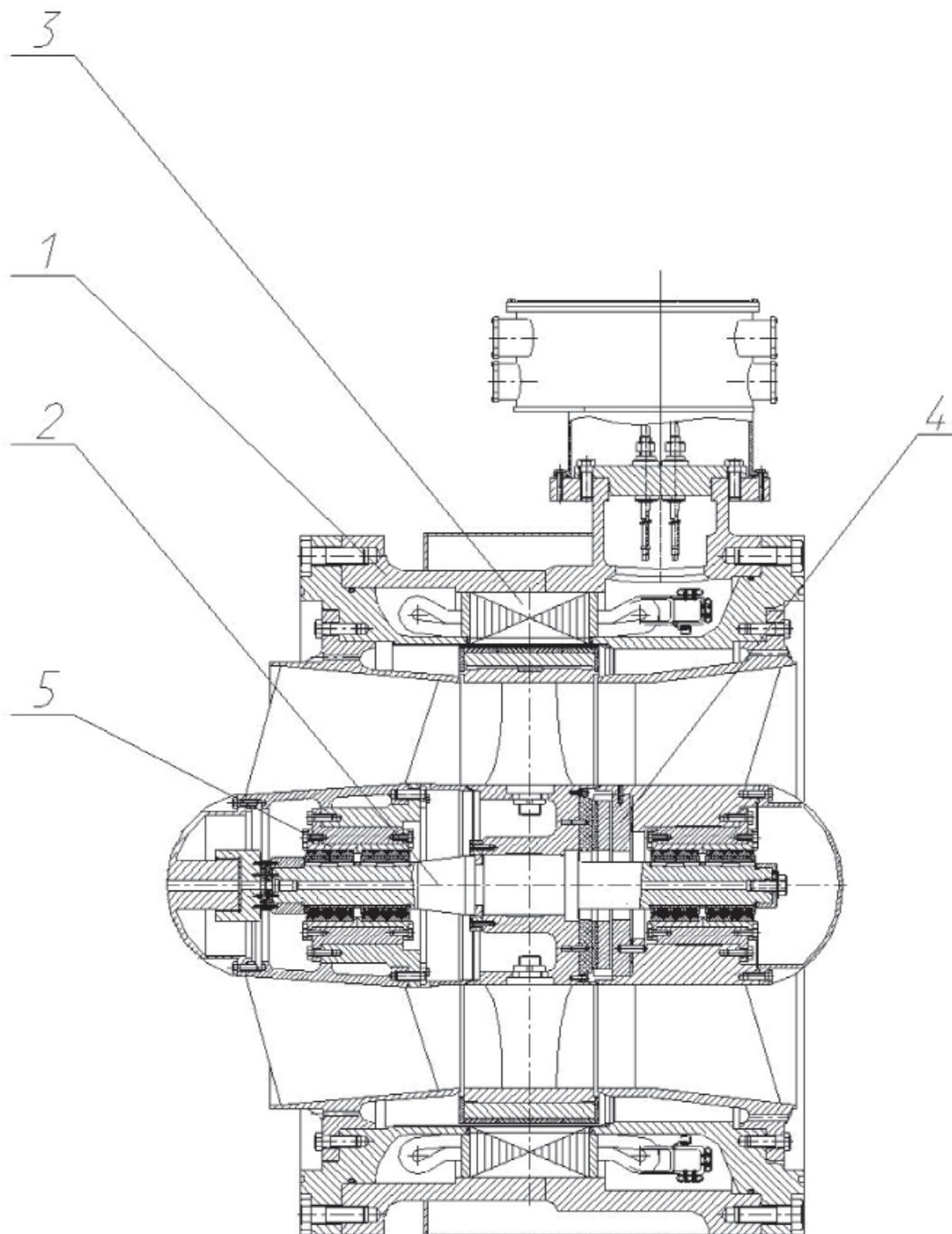
Циркуляционные насосы системы охлаждения современных паротурбинных установок (ПТУ) являются одним из основных источников их шума и вибрации. К таким насосам предъявляются высокие требования, касающиеся массогабаритных, виброшумовых характеристик (ВШХ) и показателей гидродинамического шума (ГДШ).

В течение нескольких десятилетий ПТУ комплектовались различными моделями

циркуляционных насосов. Первыми стали циркуляционные насосы с турбоприводом, затем применялись циркуляционные насосы с асинхронным электроприводом и частотным регулятором оборотов. Результаты испытаний таких насосов подробно рассмотрены в [1]. Несмотря на лучшие показатели ВШХ и ГДШ, новая конструкция обладала худшими массогабаритными характеристиками (таблица).

Массогабаритные характеристики главных циркуляционных насосов
в относительных величинах

Насос	Габаритные размеры			Масса	
	Длина	Ширина	Высота	Насос	Пускатель
Циркуляционный насос с турбоприводом	1,65	0,66	1,92	2,38	0,15
Циркуляционный насос с электроприводом	1,46	0,6	2,45	3,05	0,6
Герметичный циркуляционный насос с синхронным электродвигателем	1	1	1	1	1



*Рис. 1. Герметичный циркуляционный насос с синхронным электродвигателем:
1 – корпус циркуляционного насоса; 2 – ротор в сборе; 3 – статор электродвигателя;
4 – подшипник упорный; 5 – подшипник опорный*

Для уменьшения массогабаритных характеристик был создан герметичный циркуляционный насос с синхронным электродвигателем (рис. 1).

Это осевой одноступенчатый насос с синхронным электродвигателем и горизонтальным расположением вала. Ротор электронасоса вращается в подшипниках скольжения, выполненных из силициро-

ванного графита. Электродвигатель состоит из обмотки статора и пакета ротора с постоянными магнитами, размещенными в корпусе насоса и на колесе насоса соответственно. Рабочее колесо насоса встроено в ротор двигателя. Охлаждение двигателя – жидкостное, внутренняя часть охлаждается перекачиваемой водой, наружная часть – водой конденсат-

но-питательной системы (КПС). Статор имеет герметичную внутреннюю обечайку, защищающую обмотку статора от перекачиваемой жидкости, обмотка ротора также защищена гильзой. Обечайка статора и гильза ротора выполнены из титанового сплава. Перекачиваемая жидкость проходит внутри двигателя, находясь под полным рабочим давлением. При этом обеспечивается полная герметизация статора и ротора. В сравнении с аналогами конструкция обладает значительно лучшими массогабаритными характеристиками (таблица).

В настоящий момент завершены стендовые испытания герметичного моноблочного циркуляционного насоса с синхронным электродвигателем. Так как испытания всех типов насосов проводились на одном и том же стенде [2, 3, 4], можно проводить достоверный сравнительный анализ их характеристик. Принципиальная гидравлическая схема испытательного стенда представлена на рис. 2. Результаты испытаний приведены в виде спектрограмм вибрации нагнетательного патрубка в горизонтальном, вертикальном и осевом направлениях, а также спектрограмм ГДШ (рис. 3, 4, 5, 6).

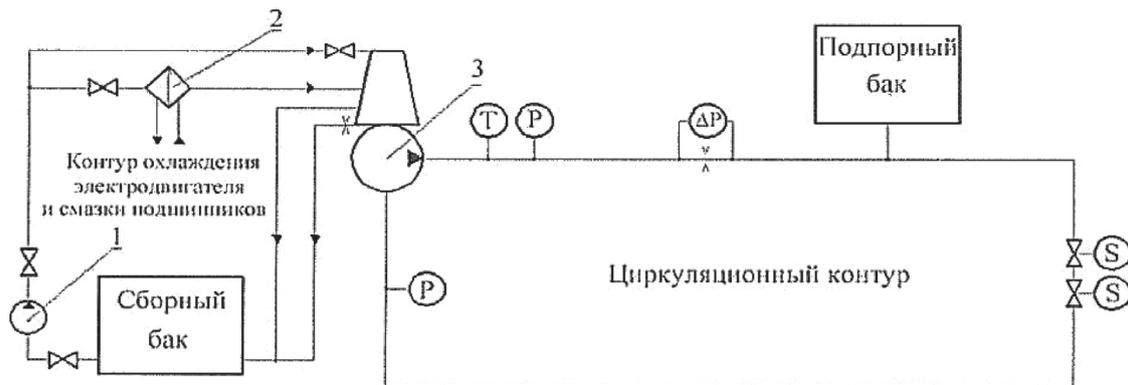


Рис. 2. Принципиальная схема испытательного стенда:

1 – стендовый насос системы охлаждения электродвигателя и смазки подшипников;
2 – стендовый теплообменник; 3 – испытуемый циркуляционный насос с турбо- или электроприводом



Рис. 3. Спектрограммы вибрации нагнетательного патрубка циркуляционных насосов в горизонтальном направлении



Рис. 4. Спектрограммы вибрации нагнетательного патрубка циркуляционных насосов в осевом направлении



Рис. 5. Спектрограммы вибрации нагнетательного патрубка циркуляционных насосов в вертикальном направлении

По результатам проведенных работ можно сделать следующие выводы:

1) герметичный циркуляционный насос с синхронным электродвигателем имеет значительно улучшенные массогабаритные характеристики по сравнению со своими аналогами – циркуляционным насосом с турбоприводом и циркуляционным насосом с электроприводом, а также обеспечивает герметичность системы;

2) в широком диапазоне частот уровни ВШХ и ГДШ герметичного циркуляционного насоса с синхронным электродвигателем существенно ниже, чем у его аналогов: по вибрации до 40 дБ, по ГДШ до 38 дБ [5];

3) в диапазоне частот от 0 до 20 Гц уровень вибрации герметичного циркуляционного насоса с синхронным электродвигателем превышает уровни вибрации аналогов на величину до 5 дБ, что определяется стендовой помехой;

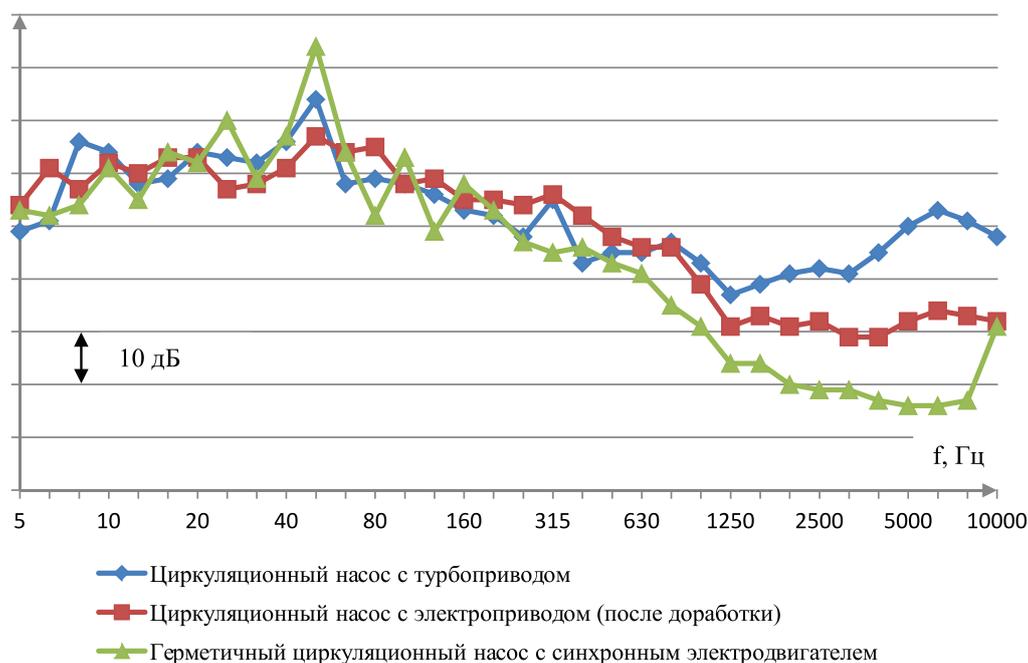


Рис. 6. Спектрограммы ГДШ циркуляционных насосов

4) на отдельных частотах работы герметичного циркуляционного насоса с синхронным электродвигателем, а также их гармониках имеются превышения над аналогами: по вибрации до 13 дБ, по ГДШ до 10 дБ. Это объясняется режимами работы преобразователя частоты (ПЧ) и требует дальнейших исследований и доработок. Одним из возможных решений проблемы превышения уровня вибраций и шумов является перепрограммирование системы ПЧ, а также использование различных узкополосных частотных фильтров до 160 Гц в каждой из фаз.

Список литературы

1. Голобоков Г.В., Кирюхин А.А., Лукашенко Ю.Л., Семенов Ю.М., Абрамов А.В. Этапы создания малозумного насосного оборудования для перспективных заказов // Взгляд в будущее 2012: материалы X молодежной научно-технической конференции. ОАО ЦКБМТ «Рубин». – 2012. – С. 272–277.
2. Кирюхин А.А., Кольцов С.М. Особенности и перспективы совместного применения систем вибрационной и параметрической диагностики при проведении испытаний паротурбинных установок и их комплектующих // Взгляд в будущее 2010: материалы VIII молодежной научно-технической конференции. – 2010. – 4 с.
3. Кирюхин А.А., Кольцов С.М., Абрамов А.В. Применение систем вибрационного и параметрического контроля при испытаниях турбин большой мощности, как этап создания совместной системы диагностики // Взгляд в будущее 2011: материалы IX молодежной научно-технической конференции. – 2011. – 4 с.
4. Кирюхин А.А. Особенности экспериментальной отработки и диагностики малозумных блочных электронасосов // Судовая и промышленная акустика: сборник тру-

дов конференции молодых ученых и специалистов, ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова». – 2010. – 4 с.

5. Кирюхин А.А., Гусев И.В. Анализ массогабаритных и вибрационных характеристик циркуляционных насосов систем охлаждения современных паротурбинных установок транспортного типа // Энергетика. Экология. Энергосбережение: тезисы докладов научно-практической конференции к 25-летию образования Научно-производственного внедренческого предприятия «Турбоконт». – 2016. – 2 с.

References

1. Golobokov G.V., Kirjuhin A.A., Lukashenko Ju.L., Semenov Ju.M., Abramov A.V. Jetapy sozdaniya maloshumnogo nasosnogo oborudovaniya dlja perspektivnyh zakazov // Vzgljad v budushhee 2012: materialy X molodezhnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. OAO CKBMT «Rubin». 2012. pp. 272–277.
2. Kirjuhin A.A., Kolcov S.M. Osobennosti i perspektivy sovmestnogo primeneniya sistem vibracionnoj i parametricheskoy diagnostiki pri provedenii ispytaniy paroturbinnnyh ustanovok i ih komplektujushhih // Vzgljad v budushhee 2010: materialy VIII molodezhnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. 2010. 4 p.
3. Kirjuhin A.A., Kolcov S.M., Abramov A.V. Primenenie sistem vibracionnogo i parametricheskogo kontrolja pri ispytaniyah turbin bolshoj moshhnosti, kak jetap sozdaniya sovmestnoj sistemy diagnostiki // Vzgljad v budushhee 2011: materialy IX molodezhnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. 2011. 4 p.
4. Kirjuhin A.A. Osobennosti jeksperimentalnoj otrabotki i diagnostiki maloshumnyh blochnykh jelektronasosov // Sudovaja i promyshlennaja akustika: sbornik trudov konferencii molodyh uchenykh i specialistov, FGUP «CNII im. akad. A.N. Krylova». 2010. 4 p.
5. Kirjuhin A.A., Gusev I.V. Analiz massogabaritnyh i vibracionnyh harakteristik cirkuljacionnyh nasosov sistem ohlazhdenija sovremennyh paroturbinnnyh ustanovok transportnogo tipa // Jenergetika. Jekologija. Jenergosberezhenie: tezisy dokladov nauchno-prakticheskoy konferencii k 25-letiju obrazovaniya Nauchno-proizvodstvennogo vnedrencheskogo predpriyatija «Turbokon». 2016. 2 p.