

УДК 621.671.2

**Создание экспериментального стенда для моделирования нагрузок на
роторе нефтяного магистрального насоса тип НМ с целью
прогнозирования его ресурса**

***Борисов С.А.**, магистр
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Гидромеханика, гидромашины и гидропневмоавтоматика»*

***Васильев А.В.**, магистр
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Гидромеханика, гидромашины и гидропневмоавтоматика»*

*Научный руководитель: Петров А.И., к.т.н, доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Гидромеханика, гидромашины и гидропневмоавтоматика»
lomakin@bmstu.ru*

Введение

В настоящее время возникла проблема увеличения ресурса и надежности лопастных насосов, особенно крупных, мощностью 10 МВт и более, в частности насосов типа НМ, разработкой которых в течение более 6 лет активно занимается кафедра Э10 «Гидромеханика, гидромашины и гидропневмоавтоматика» МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Анализ статических данных показал, что причиной выхода из строя насосов типа НМ являются подшипниковые узлы и торцевые уплотнения. Исходя из результатов, необходимо провести требуемый анализ и выявить пути увеличения ресурса. Однако верификация данного анализа на работающем насосе очень сложна по причине невозможности моделирования предаварийной ситуации на реальных насосных станциях АК Транснефть, а на лабораторных стендах - из-за высокой потребляемой мощности [2], [3], [4].

Постановка задачи

Для увеличения ресурса и надежности проводились многократные численные эксперименты в части определения методами гидродинамического моделирования величин радиальных и осевых сил на роторе насосов в разных режимах их работы, а также моделирования течения жидкости в подшипниках скольжения, в частности [5], но полученные данные исследований не дают окончательного результата, поэтому было

предложено разработать конструкцию стенда, в котором будет осуществлена комплексная имитация нагрузок на ротор насоса типа НМ.

Уязвимые места такого насоса представлены на рисунке 1.

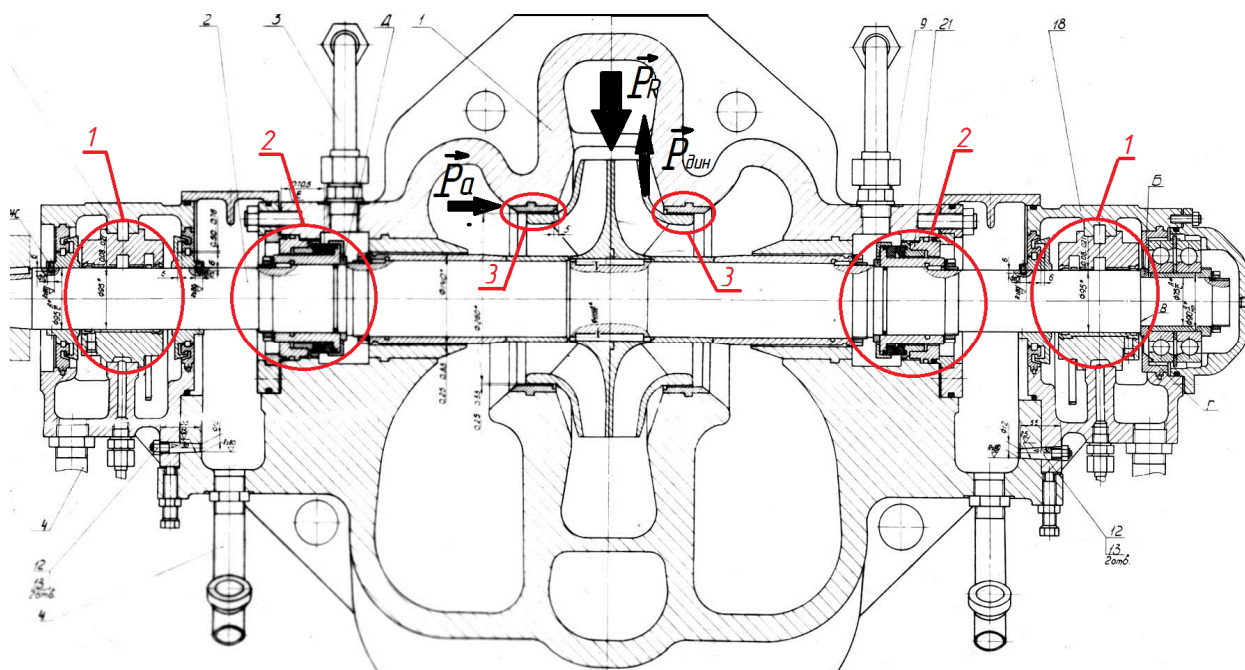


Рис. 1. Основные изнашивающиеся узлы и схема нагружения ротора насоса тип НМ: 1 – подшипники скольжения; 2 – торцевые уплотнения ротора; 3 – щелевые уплотнения рабочего колеса.

Также возможны конструкции насосов с применением радиальных подшипников качения вместо подшипников скольжения (что, однако, не рекомендуется стандартом API610), или применения двойных торцевых уплотнений и упорных подшипников скольжения Митчелла вместо подшипников качения.

Основные силовые факторы, воздействующие на ротор насоса при его работе [5]:

1. Гидродинамическая радиальная сила, рассчитывается для различных режимов работы на основании моделирования в STAR CCM+ (отдельно имитируется статическая и динамическая составляющая);
2. Сила от дисбаланса ротора (задается величиной остаточного дисбаланса)
3. Осевая сила на упорном подшипнике, возникающая в результате несимметричного износа щелевых уплотнений на колесе.

Разработка принципиальной схемы стенда

Стенд должен позволять проводить ресурсные испытания, испытания на предельную нагрузку, испытания на износ и при этом иметь минимальную потребляемую мощность, поскольку испытание реального прототипа насоса нецелесообразно в связи с его большой мощностью (до 10 МВт).

Такое существенное снижение потребляемой мощности возможно исходя из отсутствия основного потребителя мощности – рабочего колеса насоса. Иными словами, вместо обычного стенда для испытаний насосов [1], [7] необходимо создать стенд для нагружений только роторов насосов, полностью имитирующих таковые в реальных насосах. Действующие на колесо нагрузки имитируются относительно маломощным гидроприводом, и тогда потери мощности в основном сосредоточены в подшипниках скольжения и уплотнениях.

Расчеты показали, что доля этих внешних механических потерь в общем балансе энергии насоса типа НМ составляет не более 1..2%, что при максимальной полной мощности, потребляемой насосом около 7...10 МВт дает прогнозируемую потребляемую мощность стенда (с учетом мощности, затрачиваемой на гидропривод нагружения) не более 30 кВт.

Принципиальная схема разрабатываемого стенда представлена на рис. 2.

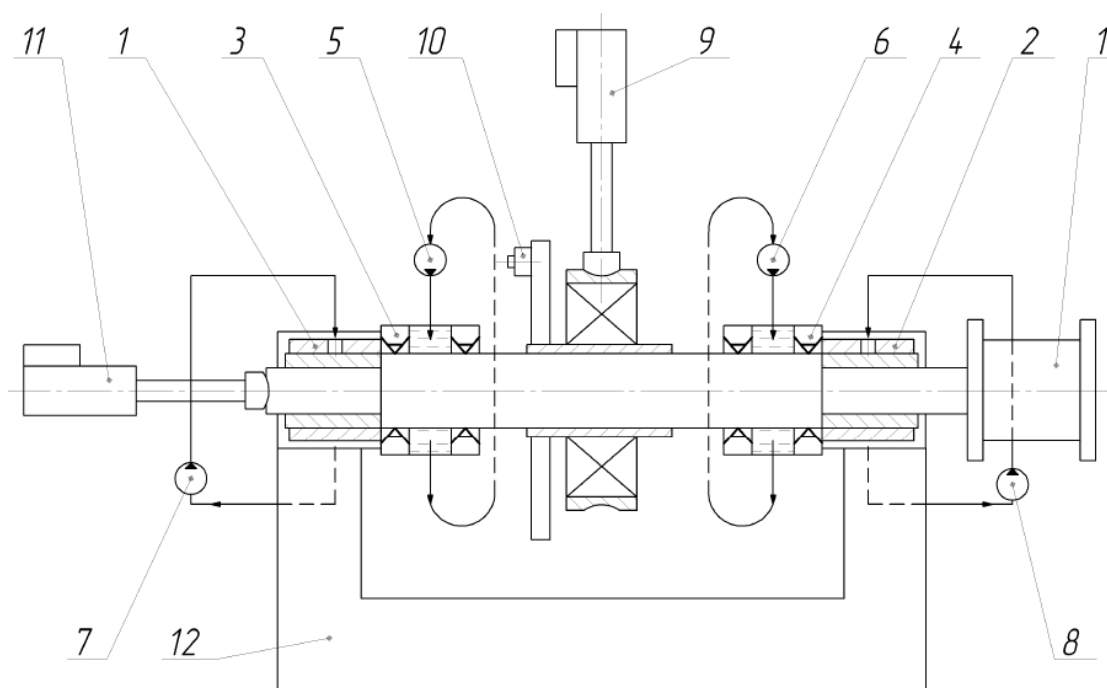


Рис. 2. Принципиальная схема стенда

На рис. 2 показаны основные элементы стенда: позиции 1 и 2 – радиальные подшипники скольжения (материал пар трения – баббит и сталь) с принудительной смазкой и охлаждением маслом; 3,4 – торцевые уплотнения (двойные торцевые уплотнения с охлаждением затворной жидкостью – дистиллированной водой); 5,6 – станции подачи затворной жидкости (дистиллированной воды) под давлением (может использоваться одна на два уплотнения); 7,8 – маслостанции (аналогично, возможно применение одной маслостанции); 9 – устройство имитации статической составляющей гидродинамической радиальной силы; 10 – устройство имитации динамической составляющей гидродинамической силы и силы от дисбаланса ротора; 11 – устройство имитации осевой силы; 12 – жесткая рама; 13 – муфта.

В качестве нагрузочного устройства для имитации статической составляющей радиальной и осевой силы планируется применение следящих гидроприводов (9) с обратной связью по усилию на штоке цилиндра (по давлению). Возможно также применение тензометрических датчиков усилий.

Данный стенд разрабатывается на кафедре Э10. В настоящее время выполняется эскизный проект стенда. Планируется проведение испытаний роторов насосов типа НМ в минимальном объеме 1400 часов (ресурсных), а также испытаний на предельную нагрузку и ускоренный износ подшипников и уплотнений.

Заключение

1. Предложена новая конструкция стенда для максимально приближенной к действительности имитации нагрузок роторов больших нефтяных насосов.
2. Предложенная схема позволит проводить как ресурсные испытания элементов ротора насоса, так и испытания на предельные нагрузки.
3. Отличительной особенностью стенда является его малая потребляемая мощность.

Список литературы

1. Артемов А.В., Петров А.И. Современные тенденции развития конструкций стендов для испытаний лопастных насосов // Инженерный вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2012. № 11. Режим доступа: <http://engbul.bmstu.ru/doc/500480.html> (дата обращения 03.06.2015).
2. Зимницкий В.А., Каплун А.В. Лопастные насосы: справочник. Л.: Машиностроение, 1986. 334 с.

3. ГОСТ 6134-2007. Насосы динамические. Методы испытаний. Введ. 2008-06-01. М.: Изд-во стандартов, 2007. 94 с.
4. Петров А.И., Мартынов Н.Д., Покровский П.А., Пащенко В.И., Устюжанин П.Ю., Королев П.В., Артемов А.В. Опыт разработки стенда для испытаний крупных центробежных насосов // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2010. № 11. Режим доступа: <http://technomag.bmstu.ru/doc/163848.html> (дата обращения 22.10.2015)
5. Петров А.И., Ломакин В.О. Численное моделирование проточных частей макетов насосов и верификация результатов моделирования путем сравнения экспериментально полученных величин с расчетными // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2012. № 5. DOI: 10.7463/0512.0356070.
6. Руднев С.С., Подвидз Л.Г. Лабораторный курс гидравлики насосов и гидропередач. М.: Машиностроение, 1974. 416 с.
7. Яременко О.В. Испытания насосов: справочное пособие. М.: Машиностроение, 1976. 225 с.