

Опыт разработки стенда для испытаний крупных центробежных насосов

11, ноябрь 2010

авторы: Петров А. И., Мартынов Н. Д., Покровский П. А., Пашенко В. И.,
Устюжанин П. Ю., Королев П. В., Артемов А. В.

УДК 62.5, 624, 626

В настоящее время в России ведутся активные научно-исследовательские работы по усовершенствованию конструкций центробежных насосов для магистральных нефтепроводов и освоению их производства на отечественных предприятиях. Это прежде всего касается нефтяных подпорных насосов тип НПВ, НМП и нефтяных магистральных насосов НМ.

Основными задачами, поставленными перед промышленностью и наукой в рамках работ по этим насосам, являются:

1. Повышение общего технического уровня изготовления насосных агрегатов
2. Снижение уровня шума и вибраций насосных агрегатов
3. Повышение ресурса работы и надежности насосных агрегатов
4. Увеличение КПД насосов
5. Повышение кавитационных качеств насосов (для насосов НПВ)
6. Внедрение энергосберегающих методов регулирования насосных агрегатов
7. Освоение массового промышленного выпуска насосных агрегатов и

постепенное снижение их стоимости.

Для решения этих задач, безусловно, необходимым является разработка и создание испытательных стендов для экспериментальной отработки насосов и проведения их приемо-сдаточных испытаний.

Согласно требованиям АК «Транснефть», испытания нефтяных магистральных насосов должны проводиться при номинальной частоте вращения (для насосов НМ - 3000 об/мин). Так как проведение всего цикла испытаний в натурных условиях (на нефти) на НПС невозможно вследствие отсутствия всего комплекса измерительного оборудования в составе НПС и несоответствия схемы установки насосов на НПС требованиям [2], [5] испытания должны проводиться в заводских условиях на воде.

Соответственно, необходима была разработка стенда большой мощности, позволяющего проводить весь спектр испытаний насосов НМ на штатных частотах вращения.

Специалистами кафедры Э-10 «Гидромеханика, гидромашины и гидропневмоавтоматика» МГТУ им. Н.Э. Баумана проводится разработка технического проекта стенда.

Работа выполняется в рамках реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства, выполняемого с участием российского высшего учебного заведения, "Разработка и производство отечественных насосных агрегатов нового класса для транспорта нефти (импортозамещающие технологии)" шифр заявки 2010-218-01-245".

В данный момент стендов такой большой мощности (до 10 МВт суммарной установленной мощности с учетом подпорных насосов) в нашей стране не существует.

Как правило, испытания крупных насосов проводятся либо в натурных условиях (на объектах), либо в виде моделей уменьшенного размера, либо путем испытания насосов при половинной частоте вращения (в последнем случае потребляемая насосами мощность снижается примерно в 8 раз).

При разработке стенда учитывался опыт создания стендов для испытаний крупных насосов АЭС и стендов объединения «Насоэнергомаш» (г. Сумы, Украина), стенды ЗАО «НПО Гидромаш», а также ряд зарубежных стендов [1].

Опыт создания крупных испытательных стендов показывает, что в процессе работы приходится решать целый ряд сложных проблем, в частности связанных с монтажом, заливкой, обкаткой крупных насосов, электропитанием, управлением стендом, тепловыми режимами работы стенда, вспомогательным гидрооборудованием и др.

Стенд обеспечивает возможность проведения основных видов испытаний следующих типов и типоразмеров насосов:

- нефтяных магистральных тип НМ типоразмеры НМ 1250, НМ 2500, НМ 3600, НМ 5000, НМ 7500 и НМ 10000 со всеми типами сменных роторов [3], [4].

- нефтяных подпорных тип НПВ (входят в состав стенда как предвключенные подпорные насосы) НПВ 1250, НПВ 2500, НПВ 3600, НПВ 5000.

- нефтяных подпорных тип НМП (могут устанавливаться вместо насосов НМ).

Стенд будет позволять проводить следующие виды испытаний насосных агрегатов:

1. Нормальные испытания насосных агрегатов (снятие напорной и мощностной характеристик, определение КПД во всем диапазоне рабочих режимов насоса)
2. Кавитационные испытания насосных агрегатов (снятие частной и общей кавитационных характеристик)
3. Снятие вибрационных характеристик насосных агрегатов (а также замер уровней шума).

На стенде можно проводить обкатку всех вышеперечисленных видов насосных агрегатов в течении установленного времени (минимум 2 часа), проводить их приемосдаточные и контрольные испытания, сертификационные испытания, а также другие виды испытаний по согласованию с заказчиком (в частности, испытания с замером давлений во внутренних полостях агрегата для верификации расчетных моделей).

Суммарное количество испытываемых насосов (в год) - до 100 шт. Соответственно, компоновка стенда позволяет достаточно легко осуществлять монтаж/демонтаж насосов типа НМ и обеспечивает доступ к насосу в процессе подготовки к испытаниям.

Обеспечена возможность одновременного монтажа/демонтажа 2-х насосов, для ускорения проведения непрерывного цикла приемосдаточных испытаний.

Стенд позволяет проводить испытания как в летнее, так и в зимнее время, при температурах окружающей среды от минус 30°C до плюс 30°C.

Стенд должен быть оборудован современной измерительной аппаратурой, обеспечивающей сбор, хранение, обработку экспериментальных данных и построение характеристик в реальном масштабе времени (для проведения приемосдаточных испытаний).

Точность измерения должна быть не хуже установленной требованиями ГОСТ 6134-87.

В настоящее время в рамках стратегии энергосбережения во всем мире для регулирования режимов работы насосных агрегатов все шире внедряется частотный метод регулирования, как наиболее экономичный и позволяющий проводить плавное регулирование параметров в соответствии с оптимальными алгоритмами управления.

Внедрение частотного регулирования на НПС в мире происходит уже давно, причем основным методом регулирования является регулирование электродвигателей с помощью частотных преобразователей (частотное регулирование нефтяных магистральных насосов с помощью гидромукты применяется только во Франции). У нас в

стране пока частотное регулирование внедряется на отдельных опытных НПС, но учитывая огромные энергозатраты на работу нефтяных насосов в нерасчетных режимах (с дроссельным регулированием) и постоянно увеличивающуюся стоимость электроэнергии ситуация должна вскоре измениться.

Российская промышленность должна быть готова к повышенному спросу со стороны компаний – операторов (и в первую очередь АК «Транснефть») на магистральные насосные агрегаты с частотным регулированием. Для этого необходимо получить характеристики насосов тип НМ, НМП и НПВ при переменных частотах вращения и разработать оптимальные алгоритмы управления ими в различных режимах работы.

Поэтому предлагается уже на первом этапе создании стенда для испытаний нефтяных магистральных насосов оснастить этот стенд частотными преобразователями большой мощности, чтобы:

- а) Решить проблему плавного пуска и останова испытываемых насосов
- б) Получить характеристики насосов во всем спектре частот вращения вала
- в) Разработать оптимальные алгоритмы управления насосами методом частотного регулирования (проблема рассматривается в соответствующем разделе данного отчета)
- г) Получить возможность испытывать насосы при половинной частоте вращения, если возникает такая необходимость (например, для снижения энергопотребления стенда).

Для создания стенда с комплексным частотным регулированием предлагается установить 2 частотных преобразователя мощностью до 8 МВт каждый с возможностью подключения к ним как насосов НМ, так и насосов НПВ.

Для снижения энергопотребления стенда рассматривается также вариант использования гидротурбины, устанавливаемой в напорную магистраль. Такая схема позволит осуществлять рекуперацию энергии в стенде и по предварительным расчетам позволит снизить суммарное энергопотребление стенда при наибольшей нагрузке в 3..4 раза (до 2..3 МВт). Однако этот вариант требует более сложной гидравлической схемы стенда и более сложных алгоритмов управления стендом.

При проектировании стенда проводился также тепловой расчет, который показал, что при максимальной суммарной мощности тепловыделения насосных агрегатов 10МВт (дроссельное регулирование, насос НМ 10000 и два параллельно подключенных подпорных насоса НПВ 5000) общий объем рабочей жидкости в стенде (1000 м^3) нагревается на 10°C за время менее 2 часов (с учетом тепловыделения от трубопроводов, резервуара и насосов в окружающую среду).

Данный результат нельзя считать приемлемым, т.к. температура жидкости в ходе испытаний не должна изменяться более чем на 10°C , а время проведения испытаний одного насоса с учетом обкатки может составлять более 4 часов. Рассматривается схема охлаждения рабочей жидкости с использованием градирни.

Поскольку создаваемый стенд является очень мощным, и присутствие людей вблизи испытываемых насосов в ходе испытаний должно быть воспрещено, к пульту управления стендом предъявляются следующие требования: пульт управления стендом должен быть компьютеризированным, с выводом всей информации на дисплеи и дублирующие приборы, иметь устройства хранения и выдачи на печать информации, а также дать возможность операторам работать со стендом длительное время в достаточно комфортных условиях (вибро- и шумоизоляция, удобное рабочее место, приемлемый для аппаратуры и операторов температурно-влажностный режим в помещении).

Вероятно, целесообразно также оснастить пульт системой видеонаблюдения за состоянием стенда и насосов в процессе испытаний.

Компоновочная схема стенда приведена на рисунке 1.

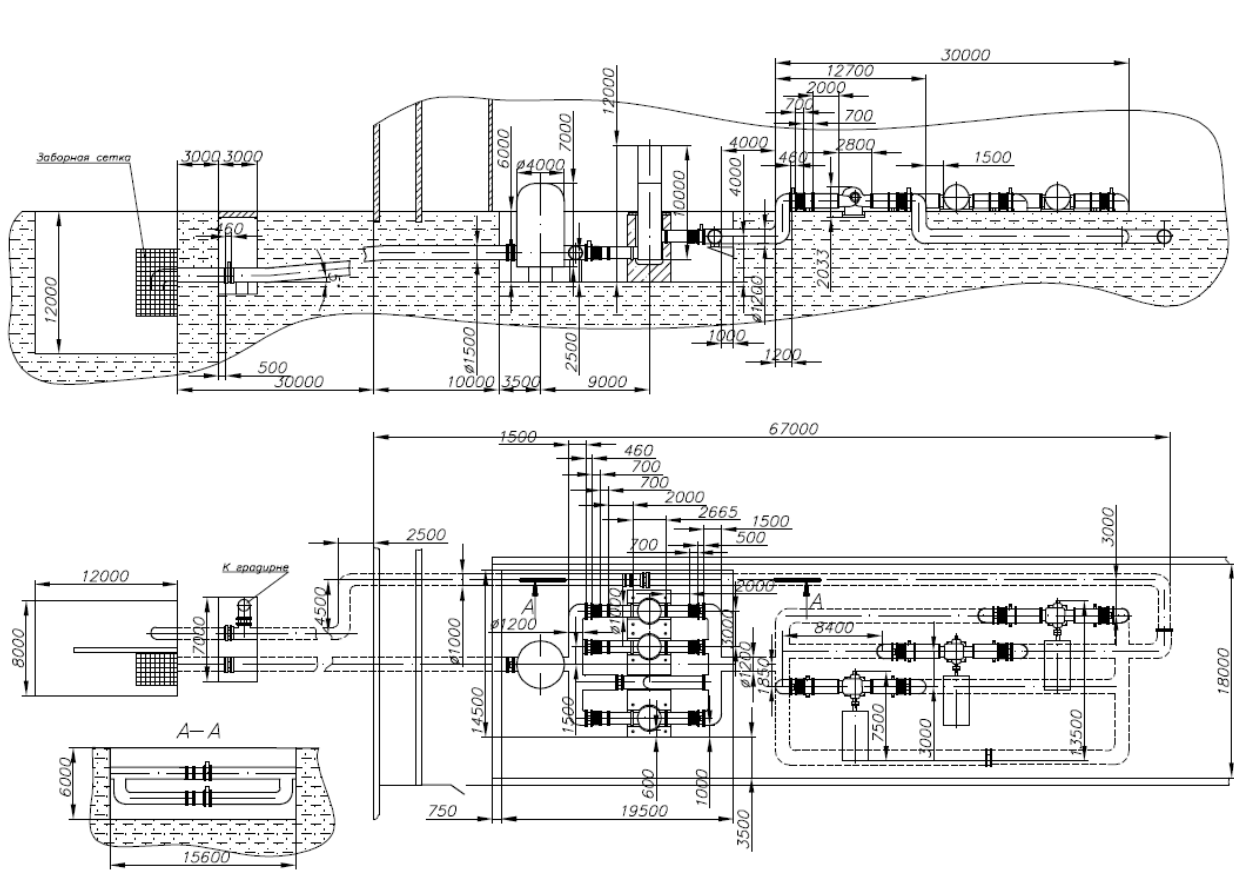


Рисунок 1 – Компоновочная схема стенда.

Работа выполнена в рамках реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства, выполняемого с участием российского высшего

учебного заведения, "Разработка и производство отечественных насосных агрегатов нового класса для транспорта нефти (импортозамещающие технологии)" шифр заявки 2010-218-01-245".

Список использованных источников

- 1 API 610, 8 издание, Центробежные насосы для нефтяной, газовой промышленности и для работы в тяжелом режиме в химической промышленности American Petroleum Institute, 2002 - 240 с.
- 2 ГОСТ 6134-87, Насосы динамические. Методы испытаний. - М., 1987. – 21 с.
- 3 ГОСТ 12124–87. Насосы центробежные нефтяные для магистральных трубопроводов. Типы и основные параметры. – М., 1987 – 12 с.
- 4 Насосы нефтяные магистральные и агрегаты электронасосные на их базе. Общие технические требования. –М.: ОАК «АК «Транснефть»», 2009 - 65 с.
- 5 Яременко О.В. Испытания насосов. - М.: Машиностроение, 1976. – 114 с.