электронный научно-технический журнал
ИНЖЕНЕРНЫЙ ВЕСТНИК
издатель ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана»

# Современные тенденции развития конструкций стендов для испытаний лопастных насосов

77-48211/500480

# 11, ноябрь 2012

Артемов А. В., Петров А. И.

УДК 62-137

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана
alexsij33@yandex.ru

## Современные тенденции развития конструкций стендов для испытаний лопастных насосов

В настоящее время в мировой и отечественной промышленности идет масштабное обновление имеющегося парка лопастных насосов. Это обусловлено появлением новых методов расчета насосов, основанных на компьютерных технологиях вычислительной гидродинамики, а также усовершенствованием их конструкций на основе принципиально новых материалов. С помощью новых инновационных методов проектирования становится возможным увеличение энергоэффективности насосов, существенное увеличение их надежности, ресурса работы, и, как следствие, снижение эксплуатационных затрат.

Однако, несмотря на новые подходы к проектированию насосов, необходимость в проведении испытаний опытных образцов и серийных насосов не только не снижается, но и возрастает вследствие необходимости более глубокой верификации зависимостей, полученных расчетным путем.

Испытательные стенды, имеющиеся на предприятиях, в большинстве своем были созданы 20..30 лет назад и не соответствуют новым требованиям, предъявляемым к испытаниям насосов. В данной статье мы попытались обобщить современные тенденции проектирования испытательных стендов на материале ряда стендов, разработанных за последние годы на кафедре Э-10 МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Первая тенденция – создание универсальных стендов, позволяющих проводить все виды испытаний насосов. Существует множество типов испытаний насосов, различаемых как по определяемым показателям – нормальные, кавитационные, виброакустические, ресурсные, на самовсасывание, так и по виду испытаний – приемо-сдаточные, предварительны, сертификационные, типовые и т.д. Требования, предъявляемые к стенду для проведения разных испытаний, различны. Так, стенды для проведения нормальных испытаний не всегда позволяют качественно провести кавитационные испытания.

Современный стенд должен обеспечивать проведение настолько широкого круга испытаний, насколько это возможно по условиям помещения, где он установлен. Проведение виброакустических испытаний насосов со специальными требованиями по шуму и вибрации возможно только в специальных виброакустических камерах, но для широкого круга насосов важна не высокая точность замера акустических параметров, а проверка их на соответствие требованиям международных и отечественных стандартов по вибрации и шуму, что вполне можно осуществить с минимальными затратами на стенде, установленном в обычном помещении. На рисунке 1 показана схема универсального стенда, созданного на кафедре Э-10.

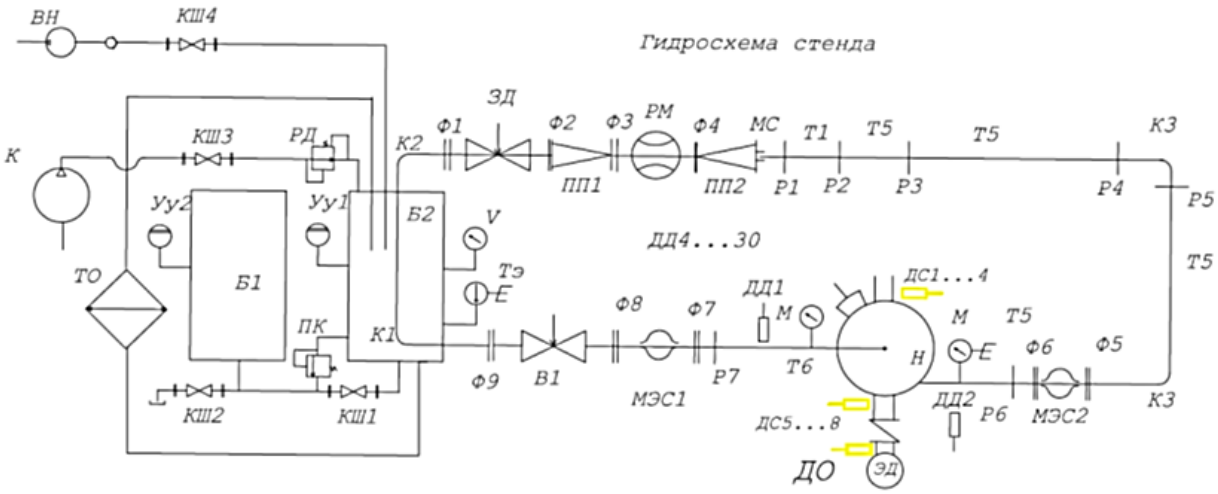



Рисунок 1-Схема универсального стенда, созданного на кафедре Э-10

Фактически, стенд на предприятии может быть один (или несколько аналогичных, если насосы испытываются массово), но позволяющий проводить нормальные, кавитационные, виброакустические испытания широкого круга насосов, а в ряде случаев – также и испытания на самовсасывание, герметичность и гидропрочность [4].

Второй аспект проектирования стендов, связанный с первым – модульность конструкции стенда. Сейчас часто используют несколько стендов для испытаний насосов разной мощности, и при этом каждый раз изготавливают переходники под каждый новый насос. Продуманное проектирование стенда позволяет (за счет нескольких ветвей трубопроводов и модульной компоновки) расширить диапазон мощностей насосов, испытываемых на одном стенде. Кроме того, целесообразно свести к минимуму количество переходников путем использования быстроразборных модульных конструкций трубопроводов и телескопических регулируемых патрубков. На рисунке 2 показаны примеры конструкции таких соединений.



Рисунок 2-Быстроразъемные регулируемые соединения для стенда модульной конструкции

Необходимо отметить, что современные приборы для измерения расхода жидкости (например, электромагнитные) имеют диапазоны измерений в несколько раз шире, чем используемые ранее сужающие устройства, что расширяет возможности стенда без его перемонтажа. На рисунке 3 приведен пример характеристики такого расходомера производства фирмы Endress&Hauser, есть и отечественные аналоги, в частности, продающиеся под маркой «Взлет». Из рисунка видно, что прибор имеет погрешность измерения в пределах 0,25%..0,4% в диапазоне отношения скоростей жидкости в мерном сечении 1/10. Можно утверждать, что именно электромагнитные измерители расхода (в отличии от ультразвуковых, точность которых недостаточна) в настоящее время наиболее пригодны для испытаний насосов.

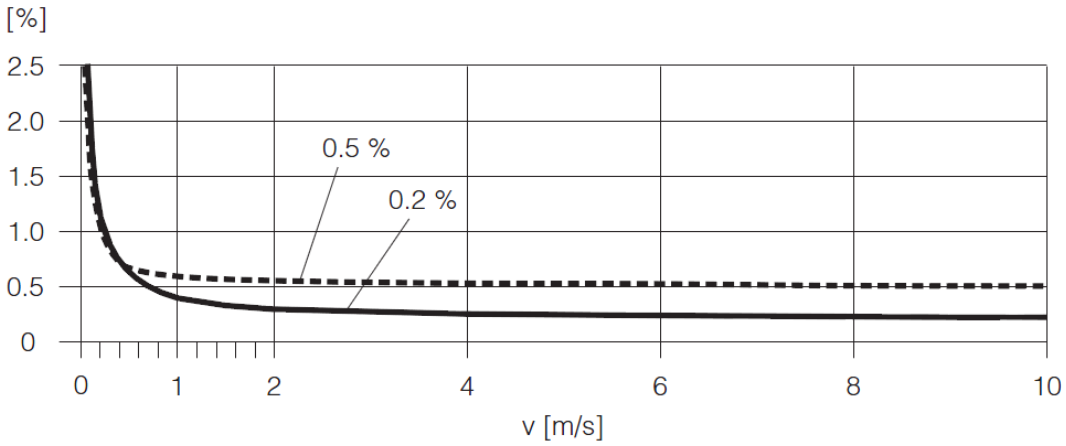



Рисунок 3-Зависимость погрешности измерения подачи от скорости жидкости в мерном сечении электромагнитного расходомера Endress&Hauser

Очень важен для современных стендов вопрос повышения точности измерений. В ГОСТ 6134-2007 указаны предельные значения погрешностей, в частности, для подачи насоса ±2%, для напора ±1,5%, для определения КПД - ±2,9% [1]. При применении современных средств измерений возможно существенно увеличить точность, так, подачу возможно измерять с точностью до ±0,5%, напор – до ±0,4%, причем речь идет именно о серийных датчиках расхода и давления. То же касается и прочих величин, в частности, достижима (и это подтверждено расчетом) погрешность определения КПД менее 1%.

Стенды с ручным управлением и сбором данных неизбежно будут вытесняться стендами полностью или частично автоматизированными. В нашей стране такие стенды создавались еще более 30 лет назад, в частности, во ВНИИ «Гидромаш», но сейчас, с повсеместным распространением электронных систем управления и контроля, они становятся стандартом.

Автоматизация стенда подразумевает:

- использование датчиков давления, температуры, расхода, вибрации и шума с аналоговым выходом и АЦП с последующим подключением к компьютеру, либо датчиков с цифровым выходом на единой шине данных (удобно для крупных стендов с большим количеством датчиков)

- применение дистанционно управляемых задвижек и регуляторов давления, а также систем дистанционного запуска различных агрегатов (подпорные насосы, вакуум-насосы, компрессоры и т.д.)

- использование единой компьютерной системы управления и сбора информации с соответствующей программной оболочкой для управления стендом в реальном времени, записи всех параметров, обработки результатов эксперимента и автоматизированного снятия и построения характеристик насосов

- применение возможностей дистанционного контроля испытаний и удаленного доступа к стенду через Интернет, например, для проведения лабораторных работ и научных исследований на натурных образцах насосов, для оперативного обмена информацией с головным офисом компании и т.д.

При этом запись экспериментальных данных должна вестись со строгой синхронизацией по времени в один файл, т.к. уже в ближайшем будущем встанет вопрос о снятии не только статических, но и динамических значений основных измеряемых величин (в первую очередь подачи и давлений), что позволит диагностировать ряд неисправностей в насосе на раннем этапе и существенно углубит наши представления о процессах в проточной части насоса.

Современный стенд должен обладать двигателем с изменяемой частотой вращения. Это позволяет точно поддерживать частоту вращения в ходе измерений, испытывать насосы с разной частотой вращения с одним приводным двигателем и применять метод испытания на уменьшенной частоте для насосов большой мощности и макетов насосов. Двигатель для такого стенда должен иметь независимую систему охлаждения (необходимую для работы на малых частотах вращения) и быть тарированным в заводских условиях для точного определения мощности, потребляемой насосом. Пример такого двигателя производства отечественной компании «Русэлпром» показан на рисунке 4.

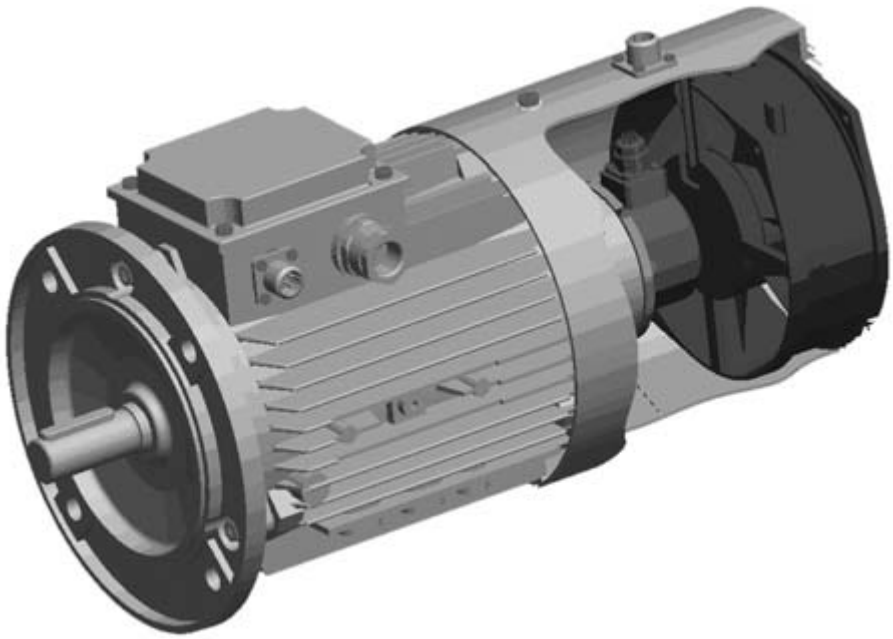


Рисунок 4-Электродвигатель с независимой системой охлаждения и встроенной системой контроля частоты вращения

**Заключение.** Исходя из всего выше сказанного, современный стенд для испытаний насосов должен быть универсальным по видам испытаний, иметь комплексную систему автоматизации, включающую в себя управление стендом и сбор данных в реальном времени, приводной электродвигатель с частотным регулированием и систему датчиков, обеспечивающих погрешность определения КПД порядка 1%.

## Список литературы


1. ГОСТ 6134-2007.
2. ISO 9906.
3. Петров А. И., Мартынов Н. Д., и др. Опыт разработки стенда для испытаний крупных центробежных насосов// Статья: Электронное научно-техническое издание Наука и образование, http://technomag.edu.ru/doc/163848.html.
4. Яременко О.В. Испытание насосов. М.: Машиностроение, 1976. 225 с.
5. Чебаевский В.Ф., Вишневский К.П., Накладов Н.Н. Проектирование насосных станций и испытание насосных установок. М.: Колос, 2000. 376 с.