

УДК 62-522.2

DOI: 10.12737/article\_592d163e95d2a0.50506220

Д.И. Колобовникова, магистр,  
Е.П. Майданюк, бакалавр,  
Э.А. Петровский, д.т.н.  
(Сибирский федеральный университет, Красноярск, пр-т Свободный, 82, стр. 6)  
E-mail: dariakolobovnikova@gmail.com; maidanyuk-evgeni@mail.ru;  
petrovsky\_quality@mail.ru

## Автоматизация процесса центровки двигателя насосной установки

*Рассмотрены существующие способы и устройства для осуществления процесса центровки валов роторных машин. Описан принцип работы трехконтурной гидравлической системы управления устройством для центровки. Представлена принципиальная схема работы гидростатических опор, гидроцилиндров подъема и поворотного гидродвигателя. Описана система автоматического управления по сигналу рассогласования.*

**Ключевые слова:** бесконтактные опоры; роторные системы; теоретические методы; экспериментальные методы; технологическое устройство для центровки; гидростатическая опора; гидроцилиндры подъема; поворотный гидродвигатель.

D.I. Kolobovnikova, Master,  
E.P. Maydanyuk, Bachelor,  
E.A. Petrovsky, D. Eng.  
(Siberia Federal University, Building 6, 82, Svobodny Avenue, Krasnoyarsk)

## Automation of engine alignment in pumping facility

*The existing ways and devices for the fulfillment of shaft alignment processes in rotor machines are considered. A principle of the operation of three-flow hydraulic system control of the device for alignment is described. A circuit diagram of the operation of hydro-static bearings, hydraulic cylinders of lifting and a rotating hydraulic actuator is shown. A system for automatic control on a signal of mismatch is described.*

**Keywords:** contactless bearings; rotor systems; theoretical methods; experimental methods; technological device for alignment; hydro-static bearing; hydraulic cylinders of lifting; rotating hydraulic actuator.

В настоящее время существует большое количество мощных насосов, которые не предусматривают в своей конструкции электропривода и требуют подключения не входящего в конструкцию электродвигателя. Но соответственно монтаж таких крупногабаритных агрегатов всегда создает ряд сложностей, связанных с точной центровкой валов агрегатов насосной установки.

При не точной стыковке электродвигателя и насосного агрегата возникают смещения, и валы стремятся найти общую ось вращения. Эта ось вращения может быть смещена в осе-

вом, радиальном и угловом направлении, данное нарушение конструкции приводит к неправильной работе и последующему выходу из строя всей установки.

Данная задача решена с помощью ряда методов [1]: методы при использовании индикаторов часового типа, метод обратных индикаторов и метод при использовании штангенциркуля и щупа. Но эти методы не позволяют достаточно точно изменять положение самого двигателя, при стационарном положении насосного агрегата. Самым современным способом контроля несоосности является использо-

вание лазерного оборудования, оно позволяет в режиме реального времени зафиксировать неточность при монтаже валов [2]. Лазер чувствителен к условиям окружающей среды, и данный метод лишь позволяет зафиксировать несоосность, но не дает в полной мере точно изменять само положение конструкции.

Трудности возникают при непосредственном изменении положения электродвигателя относительно насоса. Специалисту трудно и порой невозможно с помощью лебедок и домкрата достаточно точно менять положение агрегата в процессе сборки, монтажа или ремонта.

Представленные методы решают проблему измерения смещения оси, но не решают проблему точности самого процесса сборки, а именно изменение положения самого электродвигателя относительно насосного агрегата.

Для решения проблемы повышения надежности насосной установки в процессе эксплуатации путем повышения точности сборки предложено создание центровочного устрой-

ства. Данная конструкция, используя показатели датчиков, позволит перемещать конструкцию в пространстве компенсируя несоосность при сборке. Технологическое устройство центровки двигателей насосных установок позволяет повысить долговечность узлов и агрегатов машины, и соответственно, облегчает процесс сборки, монтажа и ремонта.

В процессе работы соосность поддерживается за счет адаптивных гидростатических опор, давление в которых регулируется автоматически мембранным регулятором.

На рис. 1 изображена принципиальная гидравлическая схема работы гидравлических цилиндров. Гидроцилиндры (1, 2, 3, 4) управляются попарно с помощью переключения золотников регуляторов давления с электромагнитным управлением (5, 6, 7, 8), переключение осуществляется по сигналу рассогласования от датчиков. Поворот по оси  $OY$  осуществляется включением цилиндров парами 1 – 3 и 2 – 4, при повороте по оси  $OX$  включаются гидроцилиндры 1 – 2 и 3 – 4.

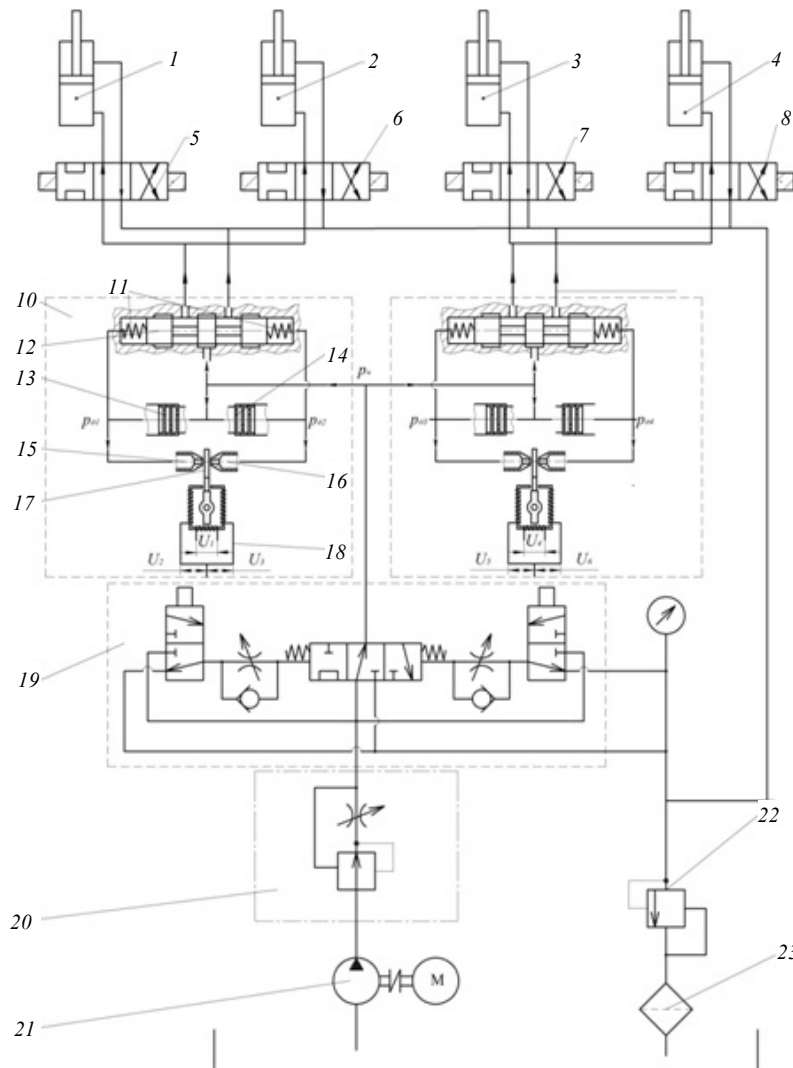


Рис. 1. Принципиальная гидравлическая схема системы настройки соосности при сборке

Управление золотниковыми регуляторами реализуется гидроусилителями (10) с каскадным усилением сигнала (18). Первая ступень усиления содержит в себе два вида дросселя: типа сопло-заслонка (16, 15) и не регулируемые щелевые дроссели (13, 14). Сопло (17) отклоняется от воздействия преобразователя сигнала (18). Поворотный двигатель преобразователя конвертирует в аналоговый сигнал в виде разности напряжений  $U_1$  и  $U_2$ , который впоследствии и отклоняет заслонку. Вторая ступень усилителя реализована в виде золотникового регулятора давления (12).

На рис. 2 изображена принципиальная гидравлическая схема работы гидростатических опор (1, 2, 3, 4) регулируется при помощи регуляторов с жесткой мембранной (5, 8, 11, 14) [3, 4]. Данный регулятор представляет собой закрепленную мембрану (6, 9, 12, 15), изменяющую проходное сечение седла регулятора в зависимости от перепада давления. Мембрана в зависимости от перепада давления в системе, которое возникает под действием возмущающей силы  $P$  на опоры, изменяет проходное сечение на входе к опоре.

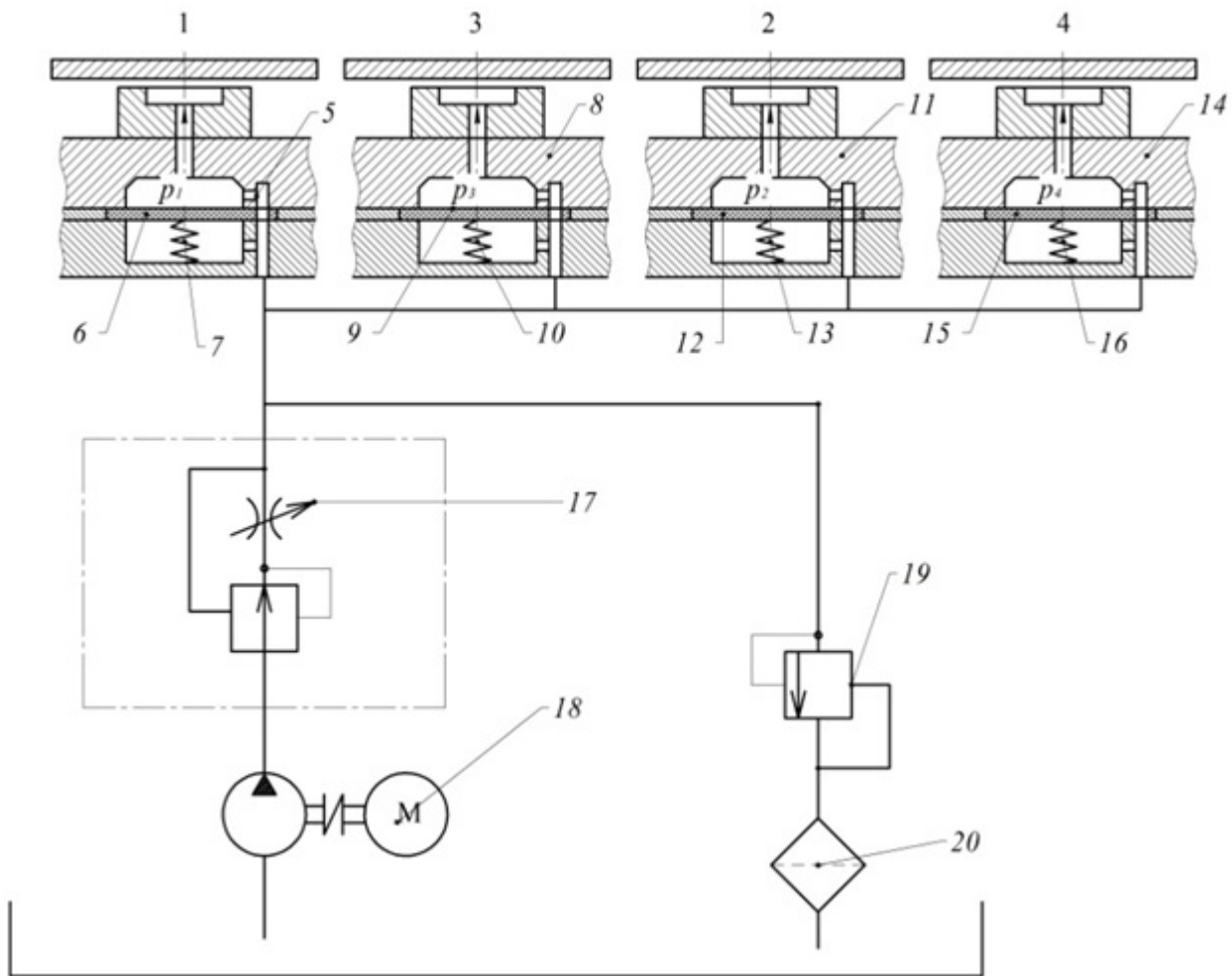


Рис. 2. Принципиальная гидравлическая схема адаптивной системы поддержания соосности в процессе работы

На рис. 3 изображена принципиальная схема работы поворотного гидродвигателя. Поворотный гидродвигатель состоит из корпуса (1), и поворотного ротора, представляющего собой втулку (2), несущую лопасть (3). Кольцевая полость между внутренней поверхностью цилиндра и ротором разделена уплотнительной перемычкой (4) с уплотнением (5). Поворот втулки (2) реализуется при перепаде давления в камерах гидро-

двигателя.

На рис. 4 изображен общий вид центрирующего устройства, оно представляет собой платформу, которая может компенсировать смещение установленного на нее роторного агрегата по четырем координатам. Регулировка в автоматическом режиме осуществляется по одной линейной координате вдоль оси  $OZ$  и по трем углам соответственно по осям  $OZ$ ,  $OX$  и  $OY$ .

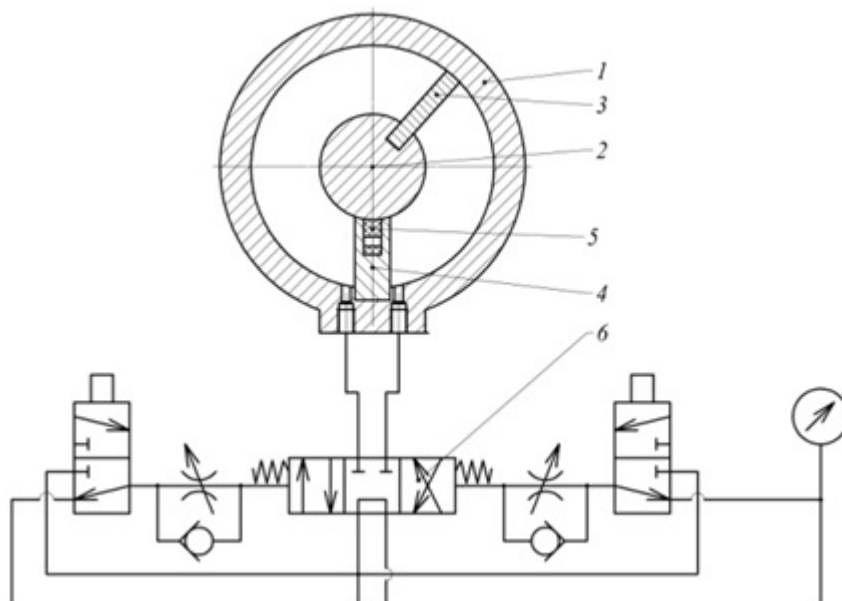


Рис. 3. Схема работы поворотного гидродвигателя

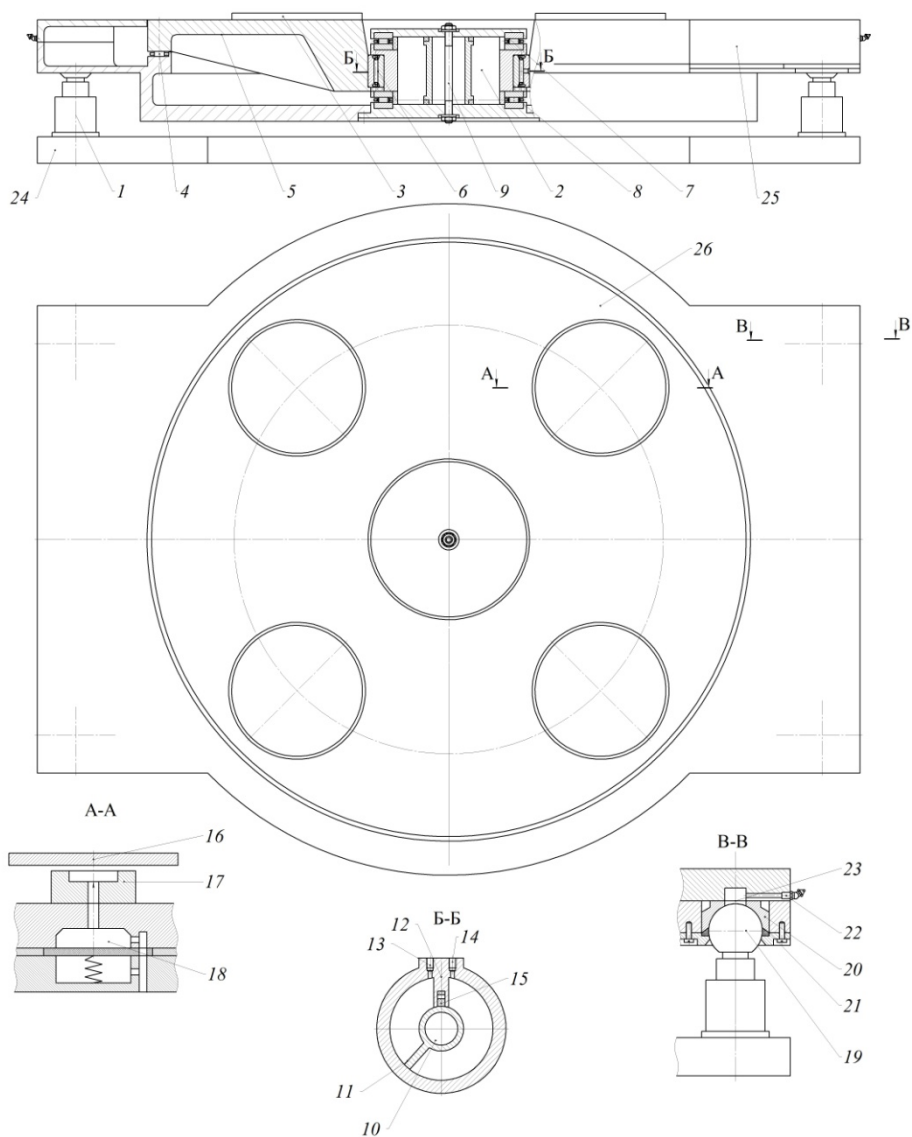


Рис. 4. Общий вид центрирующей плиты

Регулировка по оси  $OZ$  производится с помощью четырех шарнирных гидроцилиндров (1), при помощи шарнирных штоков возможна компенсация по осям  $OX$  и  $OY$ .

Шарнирный шток (19) закрепляется с помощью подпятника (20) в корпусе плиты (25) и уплотняется сальником (21), процесс смазки осуществляется по желобу масленки (22) через полость (23).

Поворот по оси  $OZ$  реализуется поворотным гидродвигателем (9), который осуществляет поворот плиты (5) по оси  $OZ$ . В процессе эксплуатации роторных агрегатов для поддержания соосности и гашения вибраций в корпусе плиты (5) находятся четыре демпфирующих гидростатических опоры (3). Передача поворота от гидродвигателя (9) осуществляется с помощью подшипников (6), (8) и (7).

Центрирующая платформа с адаптивным гидроприводом позволяет автоматизировать процесс монтажа как электродвигателей с насосом, так и монтаж других роторных и приводных машин. Система шарнирных гидроцилиндров с поворотным гидродвигателем позволяет компенсировать неточность при первичном монтаже, а система гидростатических опор позволяет поддерживать соосность и погасить вибрации, выступая уже как демпфер в процессе эксплуатации приводных и роторных машин.

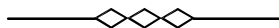
## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Киселева, Е.Н. Обеспечение соосности поверхностей валов // *Educatio*. – 2015. – №7(14). – С. 34 – 36.
2. Жильцов, А.П., Бочаров, А.В., Недомолкин, Д.В. Изучение основ центровки валов роторных машин с помощью специального учебного стенда // *Успехи современного естествознания*. – 2014. – №12. – С. 123 – 125.
3. Аверьянов, Г.С. Гидростатическая опора повышенной жесткости с мембранным регулятором расхода жидкости // *Омский научный вестник*. – 2007. – № 3 (60). – С. 53 – 54.
4. Гартман, Т.Н. Компьютерное моделирование простых гидравлических систем. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2002. – 240 с.

## REFERENCES

1. Kiselyova, E.N. Assurance of shaft surfaces alignment // *Educatio*. – 2015. – №7(14). – pp. 34 – 36.
2. Zhiltsov, A.P., Bocharov, A.V., Nedomolkin, D.V. Analysis of fundamentals in rotor machine shaft alignment using special training bench // *Successes in Modern Natural Science*. – 2014. – №12. – pp. 123 – 125.
3. Averianov, G.S. Hydrostatic bearing with increased rigidity and membrane regulator of liquid consumption // *Omsk Scientific Bulletin*. – 2007. – № 3 (60). – pp. 53 – 54.
4. Hartman, T.N. CAD of Simple Hydraulic Systems. – M.: Mendeleev RCTU, 2002. – pp. 240.

Рецензент д.т.н. В.В. Непомилуев



Учредитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Брянский государственный технический университет"

Адрес редакции и издателя: 241035, Брянская область, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7  
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

Телефон редакции журнала: 8-903-592-87-39. E-mail: naukatm@yandex.ru

Вёрстка А.А. Алисов. Технический редактор А.А. Алисов. Корректор Н.В. Дюбова.

Сдано в набор 12.05.2017. Выход в свет 30.06.2017.

Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 5,88.

Тираж 500 экз. Свободная цена.



Отпечатано в лаборатории оперативной полиграфии

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования  
"Брянский государственный технический университет"  
241035, Брянская область, г. Брянск, ул. Институтская, 16