

УДК 621.671

ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ РАЗГРУЗОЧНЫХ УСТРОЙСТВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ С ЭЛЕМЕНТАМИ НА ПОСТОЯННЫХ МАГНИТАХ

Бодров В.В., студент гр. ГСс-171, V курс

Ерофеева Н.В., к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет имени
Т. Ф. Горбачева

В современных центробежных насосах при их работе возникают осевые силы, которые воздействуют на рабочее колесо, тем самым уменьшая КПД и срок службы насоса. Осевые силы в центробежном насосе являются результатом разности давлений, действующих на внутреннюю и наружную части заднего диска рабочего колеса. Для устранения или компенсации действия осевых сил используют различные способы, например [1]:

- применение упорных подшипников (однако, возникает быстрый износ подшипников);
- обеспечение полной геометрической симметрии рабочего колеса (к недостаткам можно отнести: увеличенные габаритные размеры насоса и металлоемкость, усложнение отливок);
- использование разгрузочных отверстий (рис. 1, *а*) на заднем диске рабочего колеса (такая схема нашла широкое применение на консольных насосах);
- использование радиальных лопаток (рис. 1, *б*), расположенных на заднем диске рабочих колес (оребрение рабочих колес приводит к значительным потерям мощности);

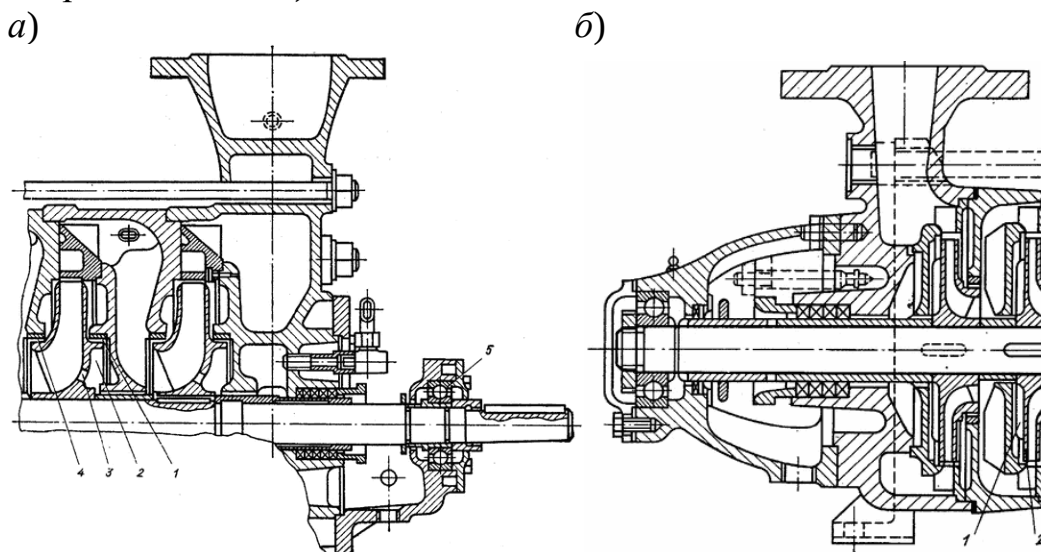


Рис. 1. Центробежный насос с рабочими колесами, имеющими:
а – разгрузочные отверстия; *б* – дополнительные лопатки на заднем диске [1]

В обоих последних случаях остаточное осевое усилие компенсируется радиально-упорным подшипником. Устранение не скомпенсированной осевой силы возможно включением в конструкцию насоса магнитов.

– использование радиальных лопаток (рис. 2, *а*), расположенных на свободно посаженной между подшипниками 8 и 10 ступице 9 ведомой части 6 торцевой магнитной муфты [2];

Импеллер 5 приводится во вращение от вала 2 посредством ведущей магнитной муфты 7 и частично уравнивает создаваемую на задний диск 4 рабочего колеса 3 осевую силу, направленную в сторону всасывания. Осевое усилие, создаваемое магнитной муфтой и передаваемое на вал 2 ее ведущей частью 7, направлено в противоположную сторону, что также частично уравнивает осевую силу от рабочего колеса.

– использование радиальных лопаток 3 (рис. 2, *б*), расположенных на стержне 6 с возможностью изменения диаметра [3];

При работе насоса рабочее колесо 2 под действием осевой силы смещается. За счет копирования наклонного участка 7 подпружиненным стержнем 6 с встроенной магнитной пластиной перемещаются лопатки 3 в радиальном направлении в пазу колец заднего диска 5. Поскольку в конструкцию заднего диска и кольца встроены магниты, то за счет отталкивающей силы одноименно направленных магнитов практически исключается трение в пазу лопаток, что приводит к снижению их износа.

а)

б)

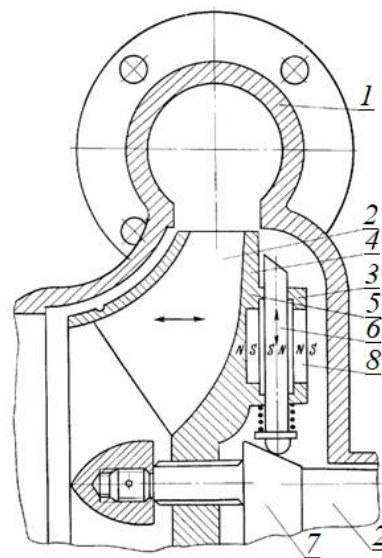
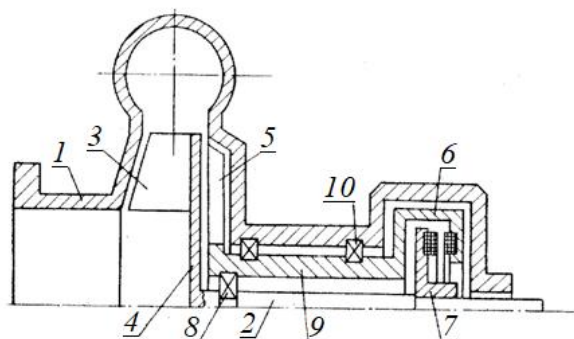


Рис. 2. Центробежный насос с импеллером : *а* – встроенным в торцевую магнитную муфту; *б* – изменяющим диаметр

– использование радиальных лопаток 8 (рис. 3, *а*) с возможностью изменения частоты вращения [4];

На валу 2 с внешней стороны 5 заднего диска 4 рабочего колеса 3 в пазах 11 установлены магниты 7 с возможностью радиального перемещения, над ними установлены пружины 6 для возврата магнитов в исходное положение.

ние. Над валом свободно установлен импеллер 8 с встроенным магнитом 9. При высокой скорости вращения магниты 7 смещаются от центра к периферии и взаимодействуют с магнитами 9 импеллера 8, что в свою очередь (по принципу магнитной муфты) заставляет импеллер 8 вращаться, уменьшая давление на внешнюю сторону заднего диска 5.

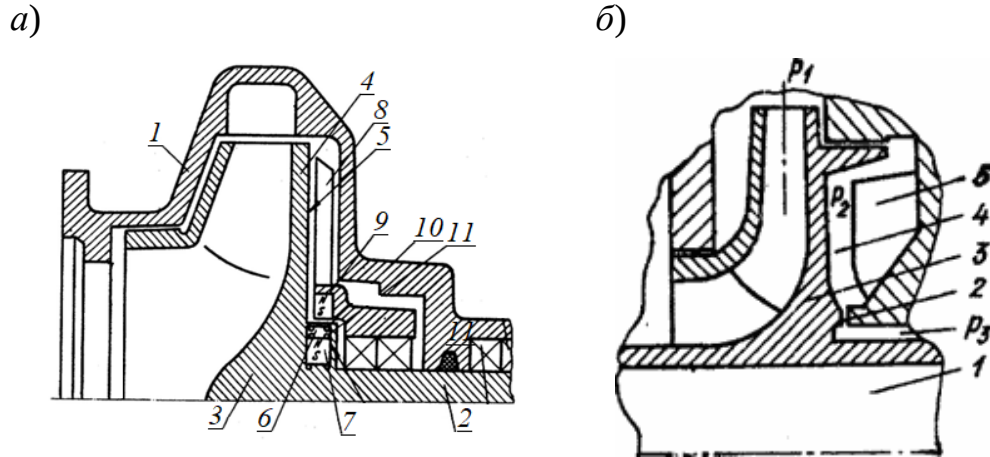


Рис. 3. Центробежный насос: а – с изменяющим частоту вращения импеллером; б – с переменными дросселем

– автоматическое уравнивание сил на задний диск колеса с помощью переменных дросселей (рис. 3, б), проводимость которых изменяется при осевых смещениях ротора (используется в одноступенчатых насосах) [1].

При изменении осевого усилия величина торцового зазора 2 (см. рис. 3, б) изменяется, что приводит к увеличению или уменьшению давления в камере 4, чем достигается выравнивание осевого усилия на задний диск рабочего колеса. Закрутка потока в камере 4 и течение, направленное от периферии к центру, могут значительно уменьшить среднее давление; поэтому в камере размещают неподвижные радиальные лопатки 5, тормозящие окружной поток и выравнивающие давление по всей площади рабочего колеса [1]. Схема применяется в главных циркуляционных насосах.

– применение для уменьшения осевых сил специального разгрузочного поршня (думмиса) (рис. 4), воспринимающего постоянное осевое усилие.

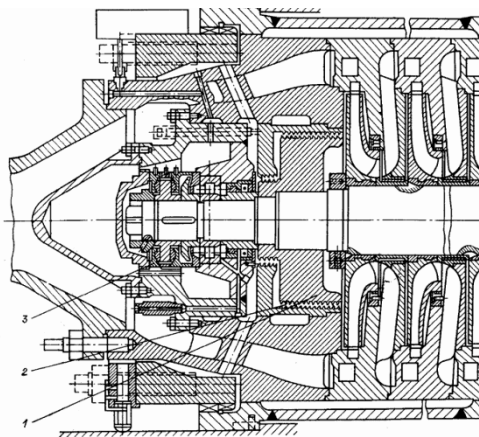


Рис. 4. Насос со ступенчатым поршнем (думмисом) [1]

Однако подобную конструкцию необходимо дополнять упорным подшипником, другими недостатками являются сложность и дороговизна производства. Обычно такие конструкции применяют в центробежных компрессорах.

– использование автоматических уравнивающих устройств (гидропята) [1, 5]. Гидропята 5 жестко соединена с валом, на котором размещены рабочие колеса (рис. 5). Во время работы насоса жидкость проходит через зазор 1, образованный между рабочим колесом и корпусом. Давление жидкости на диск гидропята создает усилие, необходимое для смещения вала в сторону нагнетания. Что приводит к положению ротора насоса в состояние равновесия. Для нормальной работы гидропята необходимо, чтобы ротор имел свободу осевых перемещений в пределах возможных изменений торцового зазора; поэтому по концам вала устанавливают радиальные подшипники. Функции упорного подшипника выполняет гидропята [1]. Однако, при пуске насоса возможно соприкосновение гидропята с корпусом 2, что в свою очередь может привести к поломке устройства [6]. В связи с этим в насосах, для которых по условиям эксплуатации требуются частые пуски и остановки, устанавливают отжимные устройства 6 (см. рис. 3), через которые осевое усилие пружин F_n передается на ротор и при малой частоте вращения сдвигает его в сторону нагнетания, увеличивая торцовый зазор 3 в гидропате 5 и тем самым предупреждая возможные задиры [1].

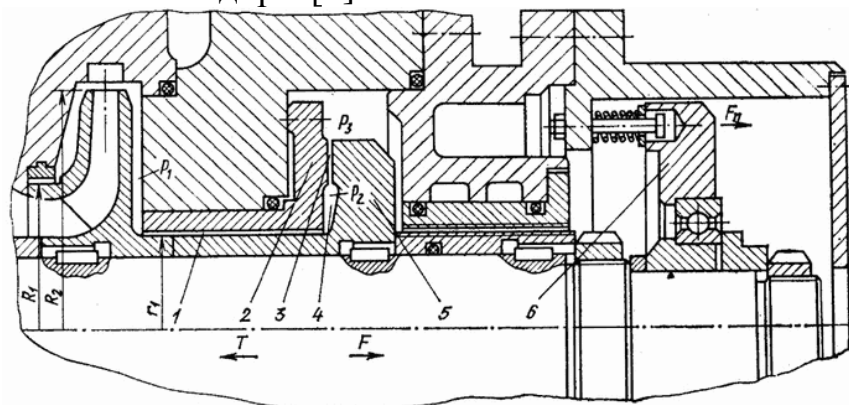


Рис. 5. Насос с гидроплатой и отжимным устройством [1]

Другим вариантом устранения соприкосновения гидропята с корпусом являются встроенные магниты в существующую конструкцию гидропята [7].

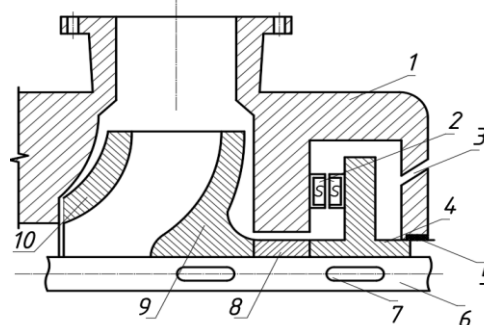


Рис. 6. Центробежный насос с разгрузочным устройством со встроенными магнитами

Для этого один кольцевой магнит 2 крепят на кольцо корпуса 1, а второй – на кольцо гидропаты (рис. 6). При пуске насоса элементы гидропаты не будут соприкасаться, так как магниты отталкиваются одноименными полюсами друг от друга, тем самым продлевая срок службы.

– комбинированное разгрузочное устройство [9].

В качестве гидропаты выступает импеллер 4, образующий с корпусом 1 камеру 5, соединенную с источником высокого давления 6 посредством каналов 7 и 8 (рис. 7). Импеллер и втулка 10 снабжены магнитами 11 и 12, обращенными друг к другу одноименными полюсами. Под давлением нагнетания от источника 6 высокого давления жидкость поступает через канал 7, дроссельный канал 15, канал 8 в камеру 5 с импеллером 4. При номинальном режиме работы насоса расход через канал номинальный, а следовательно осевые силы, действующие на импеллер 4 и рабочее колесо 3 уравновешены. При отклонении от номинального режима рабочее колесо перемещается вместе с импеллером, магниты 11 и 12 взаимно отталкиваются, втулка 10 перемещается в осевом направлении, изменяет площадь дроссельного канала 15 таким образом, что изменение расхода жидкости приводит к изменению давления в камере и к уравниванию осевой силы, действующей на рабочее колесо 3 насоса. Изменяя с помощью органа 9 величину затяжки пружины 13, осуществляют регулировку устройства.

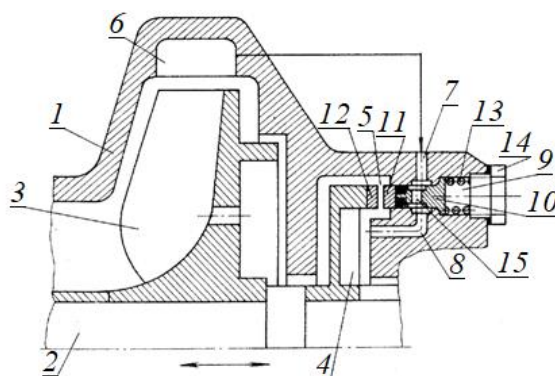


Рис. 7. Центробежный насос с комбинированным разгрузочным устройством

Таким образом, из всего вышеперечисленного можно сделать вывод, что существуют множество способов и методов регулирования осевого усилия в центробежных насосах. Исследователи по всему миру ищут и предлагают более новые и совершенные варианты их реализации с целью повышения КПД, надежности, энергоэффективности. Во всем этом большую роль играют магниты. Их использование может значительно помочь уменьшить вес разгрузочного устройства, осевую силу, расходные материалы, а также снизить металлоемкость всего насоса. Из вышесказанного магниты крайне полезны и имеют большие перспективы.

Список литературы:

1. <http://www.stroitelstvo-new.ru/nasosy/sposoby-uravnovesivaniya-osevyh-sil.shtml/>

2. Авт. свид. 885626 СССР, МКИ³ F 04D 29/04. Центробежный насос / И. К. Попов ; заявитель И. К. Попов. – № 2911654/25–06 ; заявл. 25.03.80 ; опубл. 30.11.81, Бюл. № 44. – 2 с.

3. Авт. свид. 979708 СССР, МКИ³ F 04D 1/00, F 04D 29/04. Центробежный насос / Л. М. Ковалев, А. В. Солодков. – № 3297424/25–06 ; заявл. 20.05.81 ; опубл. 17.12.82, Бюл. № 45. – 2 с.

4. Авт. свид. 1002669 СССР, МКИ³ F 04D 1/00, F 04D 29/04. Центробежный насос / А. А. Быковский, С. Л. Александров. – № 3345532/25–06 ; заявл. 12.10.81 ; опубл. 07.03.83, Бюл. № 9. – 3 с.

5. <https://works.doklad.ru/view/F8JKigcI95U/2.html/>

6. <http://www.fluidbusiness.ru/usefull/articles/balans-osevyh-ysilii/>

7. Авт. свид. 1002669 СССР, МКИ³ F 04D 1/00, F 04D 29/04. Центробежный насос / А. А. Быковский, С. Л. Александров. – № 3345532/25–06 ; заявл. 12.10.81 ; опубл. 07.03.83, Бюл. № 9. – 3 с.

8. Бодров В. В. Компенсация осевого усилия магнитными полями // В сборнике: Россия молодая. Сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Кемерово, 2021. – С. 10801.1-10801.6.

9. Авт. свид. 1138541 СССР, МКИ³ F 04D 1/00, F 04D 29/04. Разгрузочное устройство центробежного насоса / С. Л. Александров. – № 3552631/25–06 ; заявл. 15.02.83 ; опубл. 07.02.85, Бюл. № 5. – 2 с.