УДК 621.65.03

ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГЕРМЕТИЧНЫХ НАСОСОВ

Казанцев А.А., к.т.н., доцент – начальник отдела,
Скрыпников Д.В. – начальник отдела,
Соловьев М.В. – руководитель центра ЦН, ЦК, РМ,
Томилов Д.Е. – начальник управления
АО «Инженерно-производственные решения»,
Россия, г. Санкт-Петербург

Для перекачки опасных жидкостей традиционно используют центробежные насосы с торцевыми уплотнениями, а также герметичные насосы с мокрым ротором (с экранированным двигателем) или магнитной муфтой. Выбор насоса в данной ситуации не так очевиден, как может показаться на первый взгляд. При применении насоса с торцовым уплотнением материал уплотнения подбирается в зависимости от свойств перекачиваемой среды, при этом возможно использовать как жидкостное, так и газовое уплотнение. Несмотря на сложность схем обвязки (API plan) и присущие им недостатки [1] насосы с торцевыми уплотнениями используются достаточно часто [2], однако, если существует риск попадания перекачиваемой жидкости в атмосферу герметичные насосы являются более оправданным решением [3].

Известно, что насосы с мокрым ротором и магнитной муфтой имеют надежную герметизацию, устройство таких насосов показано на рис. 1. По сравнению с насосом с торцовым уплотнением герметичный насос не работает без перекачиваемой жидкости, а если жидкость содержит твердые включения, то необходимо использовать внешнюю промывку жидкости, устанавливать фильтры или принимать другие меры, т.к. подшипниковые узлы герметичных насосов смазываются перекачиваемой жидкостью. Другие существенные недостатки, присущие герметичным насосам – рассеивание магнитного поля в гильзах, что негативно сказывается на КПД насосов, нагрев перекачиваемой жидкости в насосах мокрым ротором из-за потерь энергии и размагничивание постоянных магнитов при высокой температуре перекачиваемой жидкости у насосов с магнитной муфтой.

В сравнении между собой у насосов с магнитной муфтой теплопотери ниже, чем у насосов с мокрым ротором, поэтому и КПД у насоса с магнитной муфтой выше примерно на 5% [3] при прочих равных условиях, однако, есть существенное ограничение по рабочей температуре перекачиваемой среды [4].

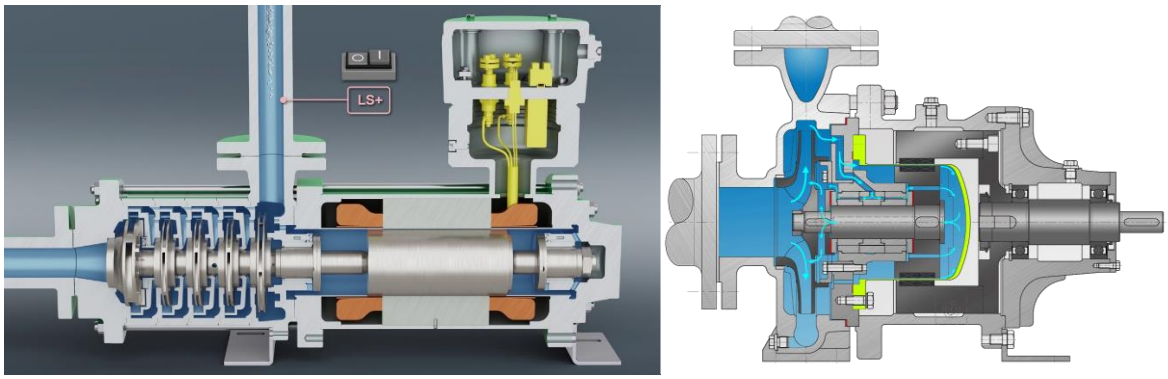

Рисунок 1 - Устройство герметичного насоса в технологическом исполнении по API 685: слева – MCP (с мокрым ротором), справа – MDP (с магнитной муфтой)

Похожее техническое решение разработано НПЦ «Анод» при модернизации герметичных насосов с заменой штатных опорно-уплотнительных систем на блоки подшипниковые уплотнительные (БПУ). БПУ объединяет в едином корпусе два одинарных торцовых уплотнения – контурное и атмосферное, между которыми установлены радиальные и осевой подшипники скольжения (рис. 2). Смазка и охлаждение БПУ- осуществляется чистой затворной жидкостью [4, 5].

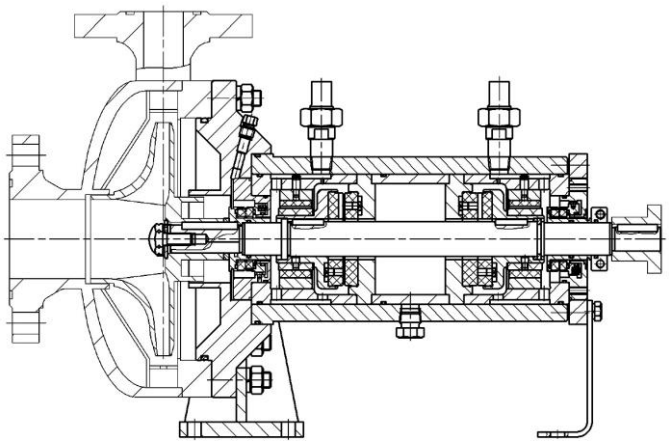

Рисунок 2 – Устройство модернизированного насоса ЦГ25/80 с блоком 30БПУ4

Положительными аспектами такой модернизации являются:

– снижение затрат на электроэнергию и увеличение КПД (за счет исключения эффекта рассеивания магнитного поля);

– возможность работы с механическими примесями, перекачивание горячих прдуктов до 400°С, а также безопасное перекачивание ШФЛУ.

– В специальных исполнениях герметичных насосов, например, у насосов Teikoku с газовым уплотнением и (или) с внешней смазкой подшипников, т.е. при наличии отдельных контуров для перекачки жидкости и смазки подшипников (рис. 3), допускается перекачка жидкостей до 10% твердых включений, а также погружное исполнение насосов для систем с малым подпором (низким давлением) на входе.

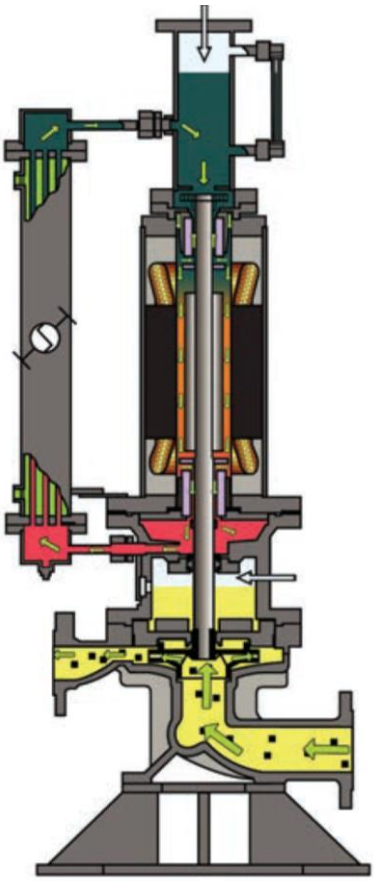

Рисунок 3 – Устройство насоса с мокрым ротором и раздельными контурами

Тем не менее, конструктивно такая модернизация лишает насос ключевой характеристики, согласно классификации, а именно – герметичности, отметим, что в определенных случаях такой шаг может быть не оправдан.

Одним из направлений работы АО «Инженерно-производственные решения» (АО «ИПР») является проектирование и производство центробежных насосов [6, 7], в том числе герметичных центробежных насосов в технологическом исполнении MCP и MDP по API 685.

Основными задачами при проектировании и модернизации насосов в АО «ИПР» являются:

– повышение КПД;

– повышение надежности и долговечности работы подшипниковых узлов.

Методы исследования и проектирования включают в себя:

– профилирование проточной части в соответствии с выбранными критериями оптимальности для достижения наибольшего значения гидравлического КПД;

– поверочные численные гидродинамические расчеты в рамках цикла проектирования;

– литературный обзор, анализ и подбор аналогов материалов подшипников скольжения;

– анализ результатов опытно-промышленных испытаний и сравнение их с техническим заданием и результатами ВГД-моделирования.

Основные аспекты проектирования герметичных насосов можно разделить на несколько ключевых групп:

Конструкция магнитной муфты

При выборе магнитных материалов необходимо учитывать магнитную энергию, коэрцитивную силу и термостойкость магнитов. Например, неодим-железо-бор (NdFeB) для высокого момента, самарий-кобальт (SmCo) для высоких температур. Деградация магнитов со временем или при перегреве

недопустима. Минимизация зазора между ведущей и ведомой муфтами (включая толщину герметизирующего стакана (экрана)) критически важна для повышения КПД передачи крутящего момента. Однако зазор должен быть достаточным для обеспечения прочности экрана.

При этом конструкция должна иметь запас по крутящему моменту для преодоления пиковых нагрузок и предотвращения "проскальзывания" муфты при заклинивании или работе с вязкими жидкостями.

На рис. 4 изображен насос ИЦК КЦН02-200-12,5/50.MAG, производства АО «ИПР». За основу взяты известные технические решения фирм Hermetic Pump и АО «Молдовагидромаш». Конструкция магнитной муфты адаптирована под условия мелкосерийного производства – корпус ведущей и ведомой муфт и экрана поз.7 выполнены сборными, в качестве материала ведомой муфты и экрана принята нержавеющая сталь, а для ведущей – углеродистая конструкционная. Для условий работы при температурах до 250…300 °С в конструкции применены магниты SmCo 2:17.

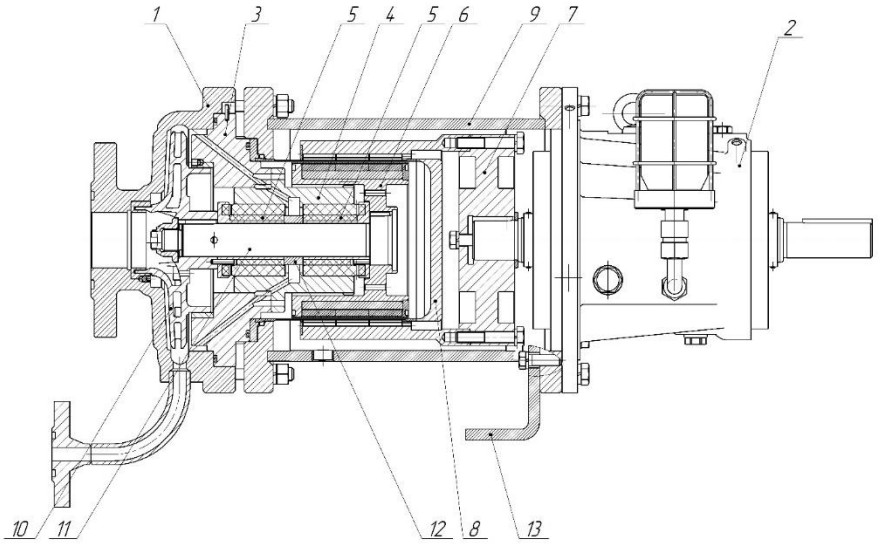

Рисунок 4 – Устройство насоса ИЦК КЦН02-200-12,5/50.MAG:
1 – корпус; 2 – часть приводная; 3 – крышка корпуса; 4 – корпус подшипников скольжения; 5 – втулка подшипника; 6 – муфта ведомая; 7 – муфта ведущая; 8 – экран; 9 – корпус промежуточный; 10 – колесо рабочее; 11 – приводной вал; 12 – втулка дистанционная; 13 – опорная лапа

Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что герметичные насосы типа MCP и MDP представляют собой высокотехнологичное и эффективное решение для прикладных областей, требующих абсолютной герметичности и высокой надежности. Их конструкции, в том числе специальные, обеспечивают ключевую характеристику – защиту окружающей среды от возможных утечек перекачиваемой жидкости. Однако, адаптация конструкции насоса с применением торцевых уплотнений может быть оправдана в определенных случаях.

Ключевыми факторами для успешного применения являются правильный выбор материалов (корпус, герметизирующий стакан, магниты) в зависимости от свойств перекачиваемой среды и строгое соблюдение эксплуатационных требований, главным из которых является недопущение работы на сухом ходу. При проектировании герметичного насоса инженеры должны найти оптимальный баланс между этими аспектами.

Список литературы:

1. Bloch, H. P. Petrochemical Machinery Insights 2017 Elsevier Inc. 725 p. ISBN: 978-0-12-809272-9

2. Hermetic pumps: the ecological solution, centrifugal pumps and rotary displacement pumps [Текст] / Robert Neumaier. 593 p. 1997 by Gulf Publishing Company, Houston, Texas. ISBN 0-88415-801-2 (alk. paper)

3. Magnetic coupling pumps: structure, function and best practice [Текст] / Frank Bungartz. CHEMICAL ENGINEERING, SEPTEMBER 2016, pp. 24-28

4. Скворцов Н.В., Маколдин В.Г. Замена магнитного привода [Текст] / Химическая техника. 2012. № 4. С. 13.

5. Маколдин В.Г., Кулдышев А.К. Модернизация насосов [Текст] / Химическая техника. 2010. № 7. С. 6-8.

6. Егоров О.В., Махонин А.В., Сиверский А.С., Соловьев М.В. Методы повышения надежности процессного оборудования нефтегазовой отрасли на примере многоступенчатых центробежных насосов типа BB5 API 610 [Текст] / Гидравлика. 2024. № 24. С. 109-119.

7. Егоров О.В., Махонин А.В., Сиверский А.С., Соловьев М.В. Проектирование рабочих органов основного и вспомогательного оборудования установок нефтеперерабатывающих предприятий на примере шестеренного, винтового и кулачкового насосов [Текст] / Гидравлика. 2024. № 25. С. 1-10.