УДК 621.30

АНАЛИЗ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ДАВЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПУНКТОВ НАЛИВА ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА И ВЫБОР ПЕРСПЕКТИВНОЙ КОНСТРУКЦИИ

ANALYSIS OF CENTRIFUGAL PUMPS FOR MAINTAINING PRESSURE IN HEATING SYSTEMS AT GAS CONDENSATE LOADING POINTS AND SELECTION OF A PROMISING DESIGN

Кашин Яков Михайлович
кандидат технических наук,
заведующий кафедрой электротехники
и электрических машин,
Кубанский государственный технологический университет
yakovkashin@yandex.ru

Киселев Сергей Петрович
кандидат технических наук,
старший преподаватель кафедры авиационного
и радиоэлектронного оборудования,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова
училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова

Киреева Софья Владимировна
студентка кафедры электротехники и электрических машин,
Кубанский государственный технологический университет
kireevasonya2003@mail.ru

Аннотация. В статье представлен анализ центробежных насосов для поддержания давления в системах теплоснабжения пунктов налива газового конденсата.

Ключевые слова: рабочее колесо, утечка, фланец, статор, ротор.

Kashin Yakov Mikhailovich
Candidate of Technical Sciences,
Head of the Department of Electrical
Engineering and Electrical Machines,
Kuban State Technological University
yakovkashin@yandex.ru

Kiselev Sergey Petrovich
Candidate of Technical Sciences,
Senior Lecturer of the Department of Aviation
and Radio-Electronic Equipment
Krasnodar Higher Military Aviation Order
of Kutuzov Flight School named After Hero
of the Soviet Union A.K. Serov

Kireeva Sofya Vladimirovna
Student of the Department of Electrical
Engineering and Electrical Machines,
Kuban State Technological University
kireevasonya2003@mail.ru

Annotation. The article presents an analysis of centrifugal pumps for maintaining pressure in heating systems of gas condensate filling stations.

Keywords: impeller, leak, flange, stator, rotor.

Для поддержания давления в системах теплоснабжения пунктов налива газового конденсата применяются различные типы насосов. Анализ технической литературы и каталогов производителей [1–3 и др.] позволяет классифицировать насосное оборудование по конструктивным признакам и условиям ИХ применения.

1. Консольные насосы (типы К, КМ, КМЛ [4]). Это наиболее распространенный тип насосов для перекачки воды и нейтральных жидкостей (рис. 1). Характеризуются горизонтальным расположением вала и консольным креплением рабочего колеса. Корпус насоса имеет спиральную форму (улитку), рабочее колесо – центробежного типа.

Рисунок 1 – Консольный насос

Достоинства: простота конструкции, ремонтопригодность, широкий диапазон производительностей, относительно невысокая стоимость.

Недостатки: наличие сальникового или торцевого уплотнения вала, которое является потенциальным источником утечек; большие габариты и масса; необходимость в фундаменте; требует регулярного обслуживания уплотнений.

2. Моноблочные насосы INLINE (типы КМЛ, IPn, ETA, LRS).

В этих насосах рабочее колесо крепится непосредственно на удлиненном валу электродвигателя, а корпус насоса стыкуется с фланцем двигателя (рис. 2).

Рисунок 2 – Моноблочный насос INLINE

Характерной особенностью такого насоса является расположение всасывающего и напорного патрубков на одной оси (INLINE-исполнение), что позволяет монтировать насос непосредственно в трубопровод без дополнительных опор [5].

Как показано в каталоге насосов оборотной воды с сухим двигателем серии IPn [5], такие насосы имеют следующие характеристики:

– вибростойкая конструкция благодаря прикрепленному к фланцу двигателю прямого действия;

– двухстороннее сальниковое уплотнение с принудительной циркуляцией;

– рабочая температура до +140 °C, максимальное рабочее давление 16 бар (при 120 °C);

– материалы: корпус из чугуна, ротор из армированного полипропилена (или чугуна для больших размеров), шток из нержавеющей стали, втулка штока из бронзы.

Достоинства: компактность, отсутствие муфты и отдельной рамы, упрощенный монтаж, возможность установки непосредственно на трубопровод (INLINE-конструкция).

Недостатки: необходимость уплотнения вала (сальникового или торцевого), которое требует обслуживания и является потенциальным источником утечек; при выходе из строя подшипников двигателя требуется разборка всего агрегата.

3. Насосы из нержавеющей стали (специального исполнения).

Для перекачки агрессивных сред или сред с повышенными требованиями к чистоте применяются насосы, полностью или частично выполненные из коррозионностойких материалов (рис. 3).

Рисунок 3 – Насос из нержавеющей стали

Примером может служить насос из нержавеющей стали [1], проточная часть которого изготовлена из нержавеющих сплавов.

Достоинства: высокая коррозионная стойкость, возможность перекачки химически активных сред.

Недостатки: высокая стоимость, сохранение уплотнения вала (если конструкция не герметичная), ограничения по температуре и давлению.

4. Герметичные электронасосы с «мокрым» ротором (типы ЦНГ, Wilo-Stratos, Grundfos MAGNA). Ротор электродвигателя вращается непосредственно в перекачиваемой среде. Статор отделен от ротора тонкой герметичной гильзой (стаканом). Уплотнение вала отсутствует полностью (рис. 4).

Рисунок 4 – Электронасос с «мокрым» ротором типа MAGNA

Достоинства: полная герметичность, отсутствие утечек, малый уровень шума, компактность.

Недостатки: низкий КПД (потери в зазоре между статором и ротором); значительный нагрев перекачиваемой среды за счет потерь в двигателе (до 2–5 °С); ограничения по температуре среды (обычно до 120 °С) и давлению; сложность ремонта.

5. Насосы с магнитной муфтой (рис. 5). Вращающий момент от электродвигателя к рабочему колесу передается через магнитную муфту, состоящую из двух полумуфт (ведущей и ведомой), разделенных герметичным экраном.

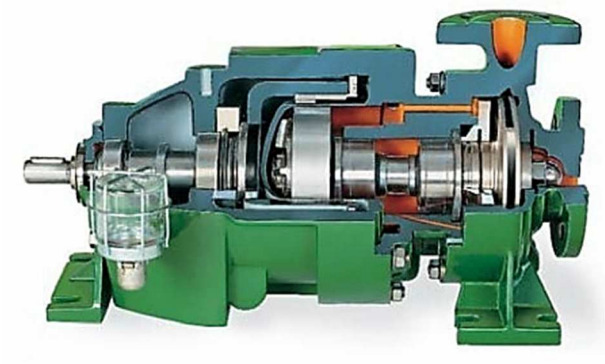

Рисунок 5 – Насос с магнитной муфтой

Достоинства: полная герметичность, отсутствие уплотнений.

Недостатки: низкий КПД (потери в магнитной муфте достигают 5–10 %); большие габариты и масса; высокая стоимость; ограничения по передаваемой мощности.

Наиболее перспективной авторам представляется конструкция, лишенная вышеперечисленных недостатков и сочетающая преимущества приведенных выше насосов (компактность INLINE-исполнения) с полной герметичностью конструкция – Аксиальный центробежный двигатель-насос [2].

Основные отличительные признаки:

1. Герметичное отделение статора. Статор электродвигателя герметично отделен от проточной части насоса мембраной, изготовленной из диэлектрического материала. Это обеспечивает полную защиту обмоток статора от вредного механического и химического воздействия перекачиваемой жидкости и внешней среды (в том числе паров газового конденсата). По сравнению с насосом IPn [5], где уплотнение вала остается уязвимым местом, здесь риск утечек полностью исключен.

2. Оптимизированная конструкция ротора. Магнитопровод ротора выполнен шихтованным (наборным) из электротехнической стали с короткозамкнутой алюминиевой обмоткой (по типу «беличьей клетки» асинхронного двигателя). Такой ротор впрессован в рабочее колесо, изготовленное из легкого алюминиевого сплава.

Из этого можно сделать следующие выводы:

– шихтовка магнитопровода резко снижает потери на вихревые токи (по сравнению с массивным ротором).

– применение электротехнической стали снижает потери на гистерезис.

– наличие короткозамкнутой обмотки улучшает энергетические показатели, приближая их к показателям современных асинхронных двигателей (как в насосе IPn).

– алюминиевый сплав рабочего колеса снижает массу и улучшает коррозионную стойкость (по сравнению с чугуном в насосе IPn).

2. Отказ от приводного вала. Полученное рабочее колесо-ротор установлено свободно вращающимся на неподвижно закрепленной в корпусе оси.

Следствие: отсутствие вращающегося вала, проходящего через корпус, полностью исключает необходимость в сальниковых или торцевых уплотнениях. Ось имеет малый диаметр и массу, что дополнительно улучшает массогабаритные показатели. По компактности такая конструкция превосходит даже INLINE-насосы [5], так как не имеет выступающего вала и подшипниковых узлов двигателя.

Технический результат:

– защита статорной обмотки от вредного механического и химического воздействия перекачиваемой жидкости;

– уменьшение нагрева перекачиваемой жидкости и двигатель-насоса в целом;

– улучшение энергетических показателей;

– снижение потерь энергии и повышение КПД;

– улучшение массогабаритных показателей.

В таблице 1 представлена сравнительная характеристика разработанного технического решения и его аналогов.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика предлагаемого технического решения и его аналогов

Характеристика	Насос IPn	Насос из нерж. стали	Выбранная конструкция (Патент РФ № 2284426)
Герметичность	Средняя (сальниковое уплотнение)	Средняя (уплотнение вала)	Высокая (мембрана, нет вала)
Защита обмоток статора	Корпус двигателя IP 54	Корпус двигателя IP 54	Полная (диэлектрическая мембрана)
Тип ротора	Короткозамкнутый (асинхронный)	Короткозамкнутый	Шихтованный с обмоткой
Потери в роторе	Средние	Средние	Низкие
Нагрев среды	Низкий (двигатель снаружи)	Низкий	Минимальный
КПД	Средний (80–85 %)	Средний	Повышенный
Вал	Приводной вал (удлиненный)	Приводной вал	Неподвижная ось
Материал рабочего колеса	Полипропилен/чугун	Нержавеющая сталь	Алюминиевый сплав

Список литературы:

1. Насос из нержавеющей стали. Технический каталог. – [Б.м.], [Б.г.]. – 2 с.
2. Патент РФ № 2284426 C1, F04D 13/06, H02K 17/16. Аксиальный центробежный двигатель-насос / Б.Х. Гайтов, Я.М. Кашин, М.И. Рябухин, Т.Б. Гайтова. – Заявл. 20.04.2005; опубл. 27.09.2006, Бюл. № 27. – 5 с.
3. Тугунов П.И. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов / П.И. Тугунов, В.Ф. Новоселов. – Уфа : Дизайн-ПолиграфСервис, 2002. – 658 с.
4. ГОСТ 22247-96 Насосы центробежные консольные для воды. Основные параметры и размеры. Требования безопасности. Методы контроля. – 1997.
5. Насосы оборотной воды с сухим двигателем. Серия IPn. Технический каталог. – [Б.м.], [Б.г.]. – 3 с.

List of references:

1. Stainless Steel Pump. Technical Catalogue. – [B.m.], [B.g.]. – 2 p.
2. Russian Federation Patent No. 2284426 C1, F04D 13/06, H02K 17/16. Axial Centrifugal Motor-Pump / B.Kh. – Claimed 20.04.2005; Published 27.09.2006, Bulletin № 27. – 5 p.
3. Tugunov P.I. Typical Calculations in the Design and Operation of Oil Depots and Oil Pipelines / P.I. Tugunov, V.F. Novoselov. – Ufa : Design-PoligrafServis, 2002. – 658 p.
4. GOST 22247-96. Centrifugal overhung pumps for water. Main parameters and dimensions. Safety requirements. Test methods. – 1997.
5. Dry-motor circulating water pumps. IPn series. Technical catalog. – [B.m.], [B.g.]. – 3 p.