МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Гидрогазодинамика трубопроводных систем и гидромашины»

ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ И УСТРОЙСТВА ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

Учебно-методическое пособие
к лабораторной работе № 1

УФА
2018

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов 2-4 курсов очного и заочного отделений ФТТ, МФ, ГНФ, ТФ. Ставит целью помочь студентам изучить принцип действия, устройство и маркировку центробежных насосов.

В целях самоконтроля после чтения пособия рекомендуется ответить на приведенные в конце контрольные вопросы.

Составители: Гаррис Н.А., д-р техн. наук, проф. каф. ГТ
Годовский Д.А., канд. техн. наук, доц. каф. ГТ

Рецензенты Байкова Л.Р., канд. техн. наук, доц. каф. ГТ
Токарев А.П., преподаватель каф. ГТ

© ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

С.

1. Цель работы……. 4

2. Общие сведения……... 4

3. Конструкции центробежных насосов…… 10

4. Содержание отчета…….. 15

Вопросы для самопроверки…… 15

Список литературы……. 16

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение устройства, принципа действия и назначения узлов центробежного насоса

2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Центробежный насос (ЦБН) представляет собой гидравлическую машину, в которой механическая энергия привода в результате воздействия лопаток рабочего колеса на перекачиваемую жидкость преобразуется в гидравлическую энергию движущейся жидкости. Поток жидкости имеет в области лопастного колеса радиальное направление и перемещается в поле действия центробежных сил к периферии колеса, обеспечивая приток жидкости к нему.

К основным деталям центробежного насоса (рис. 1) относятся: рабочее колесо 4, вал 1, спиральным отвод (диффузор) 5, корпус 6 с подводящим и отводящим патрубками, подшипники, концевые уплотнения вала 2, уплотняющие кольца 7 и разгрузочные устройства 3.

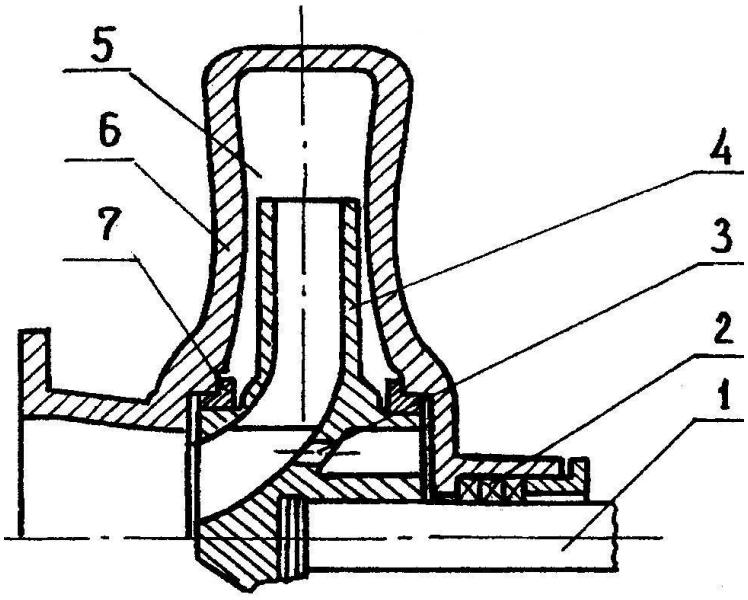

Рис. 1. Схема центробежного насоса

Рабочее колесо (рис. 2) состоит из дисков: ведущего 1 со ступицей (втулкой) в центре для крепления на валу и ведомого 2 с входным отверстием.

Между дисками находятся профилированные лопатки, отогнутые назад по направлению вращения колеса и образующие проточные каналы. Лопаток в колесе бывает от 6 до 12, чаще 6...8, редко менее 6. С целью уменьшения гидравлического сопротивления на входе жидкости в каналы применяют лопатки неравной длины, укороченные через одну. В зависимости от входа жидкости в каналы рабочего колеса различают рабочие колеса с односторонним и двусторонним входом (рис. 3).

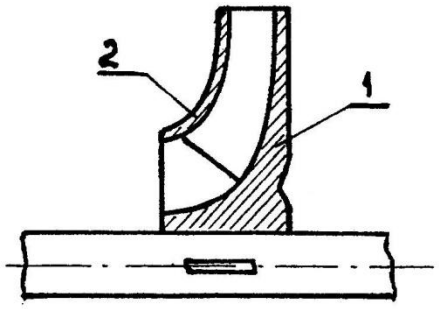

Рис. 2. Рабочее колесо ЦБН
с односторонним входом жидкости

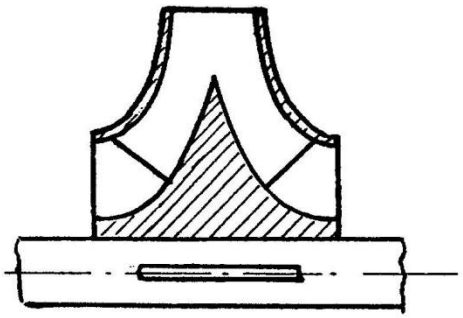

Рис. 3. Рабочее колесо ЦБН
с двухсторонним входом жидкости

Основными преимуществами рабочего колеса с двусторонним входом жидкости являются:

- теоретически полная разгрузка колеса от осевых усилий;
- повышенная кавитационная стойкость.

Недостатком колеса с двусторонним входом жидкости является необходимость, как правило, проходного вала, требующего концевых уплотнений с двух сторон. Осевые усилия возникают на рабочем колесе центробежного насоса из-за наличия перепада давлений, действующего на диски колеса (рис. 4). Для колеса с двусторонним входом жидкости этот перепад давлений равен нулю, так как давления, действующие на диски колеса, теоретически одинаковы. Практически из-за различий перетока жидкости через уплотнительные кольца с правой и левой сторон дисков колеса всегда имеет место незначительная осевая сила, воспринимаемая опорами вала.

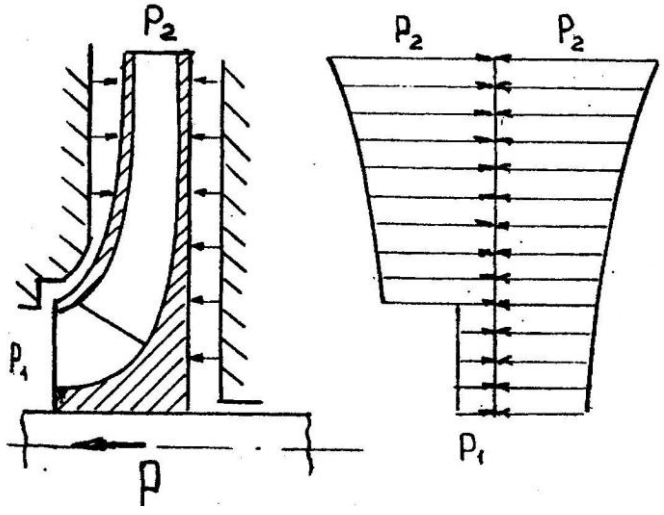

Рис. 4. Схема действия усилий в рабочем колесе

Повышенная кавитационная стойкость колеса с двусторонним входом жидкости объясняется тем, что поток жидкости при входе в колесо разделяется на две части и входит в каналы рабочего колеса со скоростями, в два раза меньшими, а следовательно, при большем давлении.

Вал насоса. Он предназначен для передачи вращающего момента от двигателя рабочему колесу, неподвижно закрепленному на валу при помощи шпонки, резьбы или неподвижной посадки. Вал и рабочее колесо (колеса) в собранном виде образуют вращающуюся часть насоса, называемую ротором.

Корпус насоса. В корпусе насоса объединены все неподвижные детали проточной части: всасывающий (приемный) и напорный патрубки, каналы подвода и отвода жидкости, переводные каналы в многоступенчатых насосах. Всасывающий патрубок, как правило, больше нагнетательного, что обеспечивает меньшее гидравлическое сопротивление на всасывании.

Спиральная камера (рис. 5). Она служит для сбора и направления потока жидкости, выходящего из каналов рабочего колеса в нагнетательный патрубок насоса, а также для преобразования скоростного напора в потенциальный (давление). Постоянно увеличивающееся сечение спиральной камеры способствует плавному уменьшению скорости жидкости по направлению к нагнетательному патрубку насоса с одновременным увеличением давления. Для компенсации возникающих радиальных сил спиральная камера может иметь два и более завитков. Спиральная камера выполняется в корпусе насоса спирального типа.

В многоступенчатых насосах секционного типа вместо спиральной камеры используют лопастные направляющие аппараты. Направляющий аппарат (рис. 6) представляет собой устройство, состоящее из двух неподвижных дисков с профилированными лопатками между ними, отогнутыми по направлению потока. Направляющий аппарат крепится неподвижно в корпусе многоступенчатого насоса. Рабочее колесо и направляющий аппарат образуют одну ступень насоса.

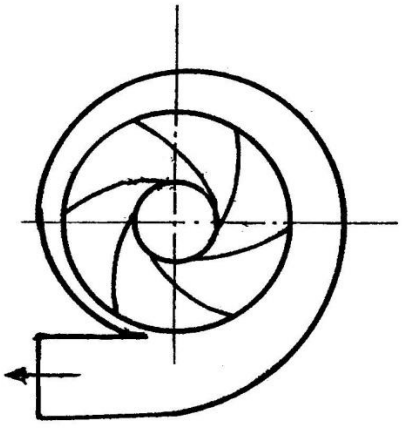

Рис. 5. Спиральная камера

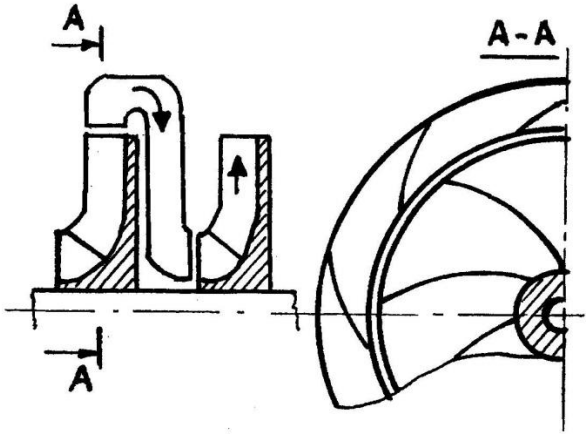

Рис. 6. Лопастной направляющий аппарат

В центробежных насосах подводы выполняются в виде конфузорного патрубка (см. рис. 1), изогнутого колена, кольцевой камеры и полуспирального типа.

Подшипники. В центробежных насосах подшипники служат для восприятия радиальных и неуравновешенных осевых сил. Применяют

подшипники качения (шариковые, роликовые, радиально-упорные) и скольжения. У основных магистральных насосов (высокооборотных) ставятся подшипники скольжения. Смазка подшипников осуществляется либо жидким маслом (масло подается из масляной ванны при помощи кольца, скользящего на валу насоса), либо консистентными смазками. Циркуляционная система смазки под давлением, создаваемым специальным масляным насосом, применяется для насосов с мощностью более 500 кВт.

Концевые уплотнения вала. В настоящее время в насосах для уплотнения вала в местах выхода его из корпуса насоса используют уплотнения с мягкой набивкой (сальниковые) и торцовые уплотнения.

Уплотнения с мягкой набивкой устанавливаются в насосах малой мощности, перекачивающих неагрессивные жидкости (рис. 7). Они состоят из камеры, выполняемой в приливах корпуса насоса 1, мягкой набивки 2, запрессованной в камеру, гидравлического кольца 3, установленного в центре уплотнения напротив трубки, подающей под давлением на уплотнение перекачиваемую жидкость, и прижимном втулки 4, сжимающей при помощи шпилек набивку, увеличивая ее давление на вал. Подвод перекачиваемой жидкости под давлением на узел уплотнения в области гидравлического кольца создает гидрозатвор, позволяющий исключить подсос воздуха через уплотнение извне, обеспечивает смазку и охлаждение всего узла. Материалом набивки служат плетеные и промасленные шнуры из льна, пеньки, асбеста, а также всевозможных синтетических материалов.

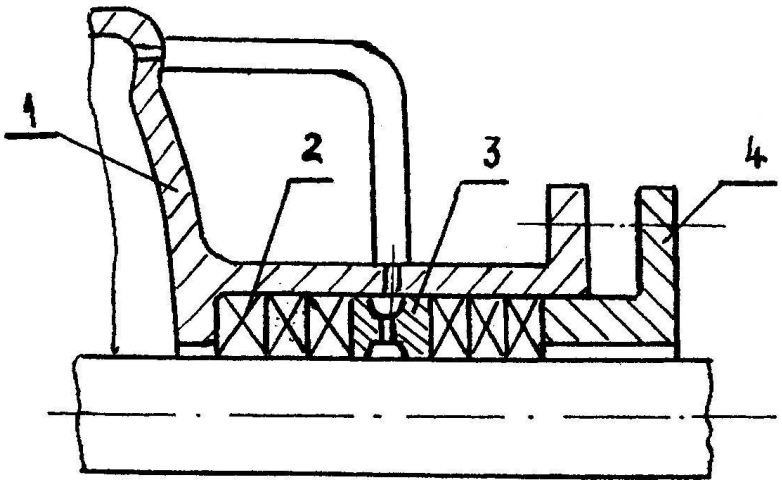

Рис. 7. Схема сальникового уплотнения

Недостатками данной конструкции являются:

- неравномерный и повышенный износ защитных втулок вала, следствие неравномерности распределения контактного давления в набивке;
- необходимость постоянного визуального наблюдения за работой набивки, что резко снижает эффективность автоматизации перекачивающих насосных станций.

Основное достоинство уплотнений с мягкой набивкой - простота конструкции и возможность замены набивки без разборки насоса. Однако в настоящее время они уже не могут удовлетворять возросшим требованиям, предъявляемым к уплотнениям по герметизации, надежности работы и сроку службы.

Торцовые уплотнения получили самое широкое распространение в центробежных насосах. Торцовое уплотнение (рис. 8) состоит из двух колец, находящихся в постоянном контакте по торцам. Одно из колец аксиально неподвижно и вращается вместе с валом 1, а второе 2 - подвижно только в аксиальном направлении и прижимается к первому кольцу под действием пружин 3. Возможны и другие варианты конструктивного исполнения. Герметичность в неподвижных соединениях обеспечивается резиновыми уплотнительными кольцами круглого сечения 4. Принцип действия торцового уплотнения заключается в создании гидродинамического сопротивления на контакте (торцах) вращающегося и неподвижного колец.

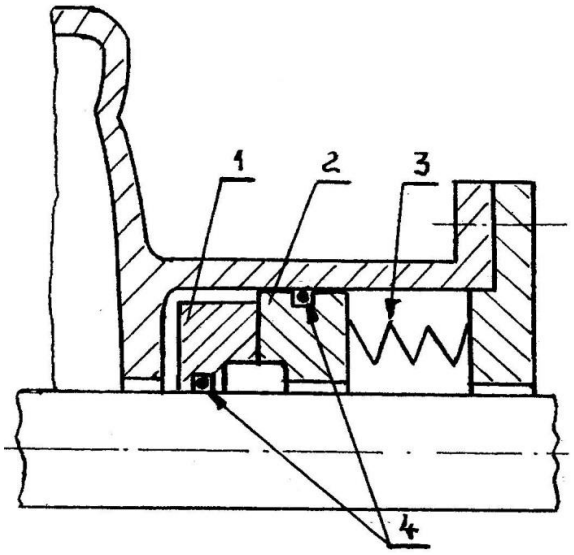

Рис. 8. Схема торцового уплотнения

Основными преимуществами торцовых уплотнении являются:

- способность работать при больших окружных скоростях и высоких давлениях;
- простота в обслуживании, которое заключается лишь в периодическом наблюдении. Применение торцовых уплотнении в центробежных насосах позволило полностью перейти на автоматизированное обслуживание насосных станции;
- срок службы торцовых уплотнении намного превышает срок службы сальниковых уплотнений;
- капельная утечка незначительна;
- незначительный расход мощности на трение. Режимы трения в торцовом уплотнении закладываются при его расчете и конструктивном исполнении, а при работе поддерживаются автоматически постоянными.

К недостаткам торцовых уплотнений следует отнести необходимость демонтажа ротора насоса при установке или замене уплотнительного узла, а также невозможность использования для уплотнения штоков, совершающих возвратно-поступательное движение.

Уплотнительные сменные кольца (бесконтактные уплотнения) служат для уменьшения перетока жидкости из полости нагнетания в полость всасывания внутри насоса. Конструктивно применяют щелевые и лабиринтные уплотнения. Между уплотнительными поясами рабочих колес 1 и кольцами 2 (рис. 9) образуется цилиндрическая кольцевая щель, в которой происходит дросселирование давления протекающей жидкости. В случае лабиринтных уплотнений утечки меньше примерно на 30 % по сравнению с гладким щелевым.

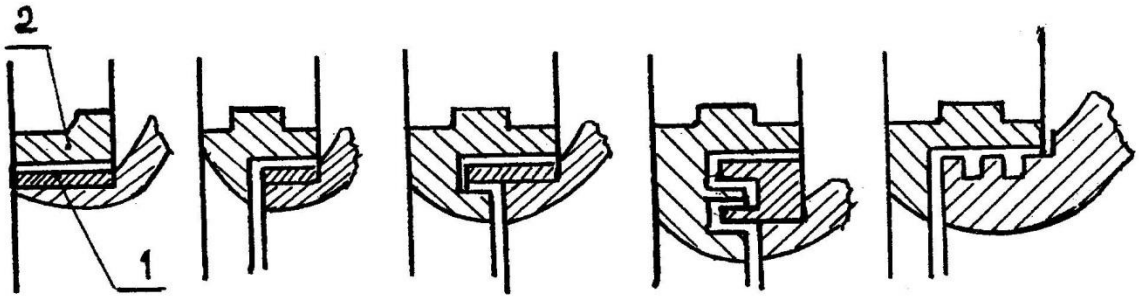

Рис. 9. Схемы бесконтактных уплотнений

Уплотнительные кольца неподвижны и крепятся к корпусу насоса винтами или другими способами. Длина и форма щели в бесконтактных уплотнениях зависят от ряда факторов: геометрии проточной части ступени, межступенчатого расстояния, технологических возможностей изготовления и т.д. Конструкции бесконтактных уплотнений могут быть различными (см. рис. 9).

Разгрузочные устройства предназначены для гидравлической разгрузки рабочих колес от осевых усилий. Осевая сила даже для одноступенчатого насоса достаточно велика. Для восприятия осевого усилия потребовались бы большие механические подшипники, поглощающие значительное количество энергии на непроизводительное трение. Для уменьшения этих потерь стремятся уравновесить осевые усилия гидравлически. С этой целью в одноступенчатых насосах используют рабочее колесо двустороннего всасывания. В консольных насосах осевое усилие разгружают посредством отверстий 3 в заднем диске рабочего колеса (рис. 1). Для многоступенчатых насосов секционного типа осевое усилие равно сумме усилий, развиваемых каждым колесом в отдельности. Для восприятия этих усилий используют гидравлическую пяту (рис. 10). Диск гидравлической пяты 1 закрепляют на валу насоса с напорной стороны за последним рабочим колесом 3. Жидкость из рабочего колеса 3 поступает через кольцевой зазор 2 в камеру А, затем она проходит через торцовый зазор в камеру Б, соединенную с входом одной из

ступеней. Так как давление в камере А значительно больше, чем в камере Б, на диск 1 действует сила, разгружающая осевую силу ротора.

В многоступенчатых насосах спирального типа для разгрузки осевого усилия используют симметричное попарное расположение рабочих колес с подводом жидкости к ним с противоположных сторон (рис. 11). Существуют и другие методы разгрузки осевых усилий.

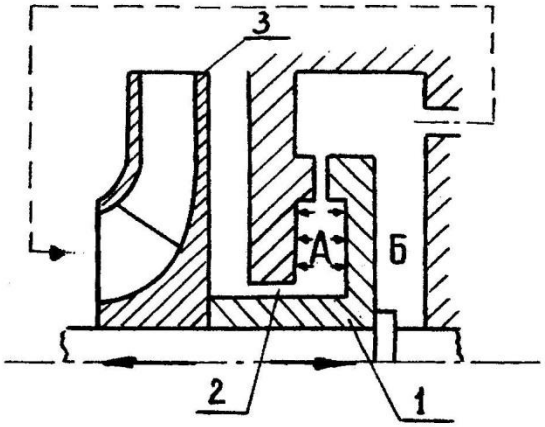

Рис. 10. Схема работы гидравлической пяты

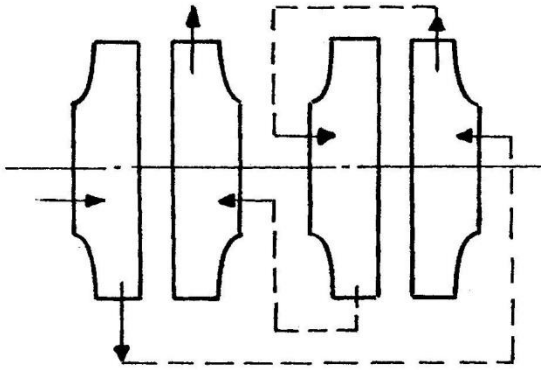

Рис. 11. Схема разгрузки осевых усилий многоступенчатых насосов

Таким образом, гидравлическая пята является саморегулятором осевой силы.

3 КОНСТРУКЦИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

По конструктивным признакам центробежные насосы делят на ряд типов.

Консольные насосы (тип К) ГОСТ 15150-69. Базовой деталью консольного насоса (рис. 12) является опорный кронштейн, в котором на двух шарикоподшипниках консольно устанавливают вал. К кронштейну шпильками крепят спиральный корпус, напорный патрубок которого в нормальном исполнении направлен вертикально вверх. При необходимости патрубок можно развернуть. В корпусе выполняют отверстия для выпуска воздуха, слива жидкости и подсоединения манометров.

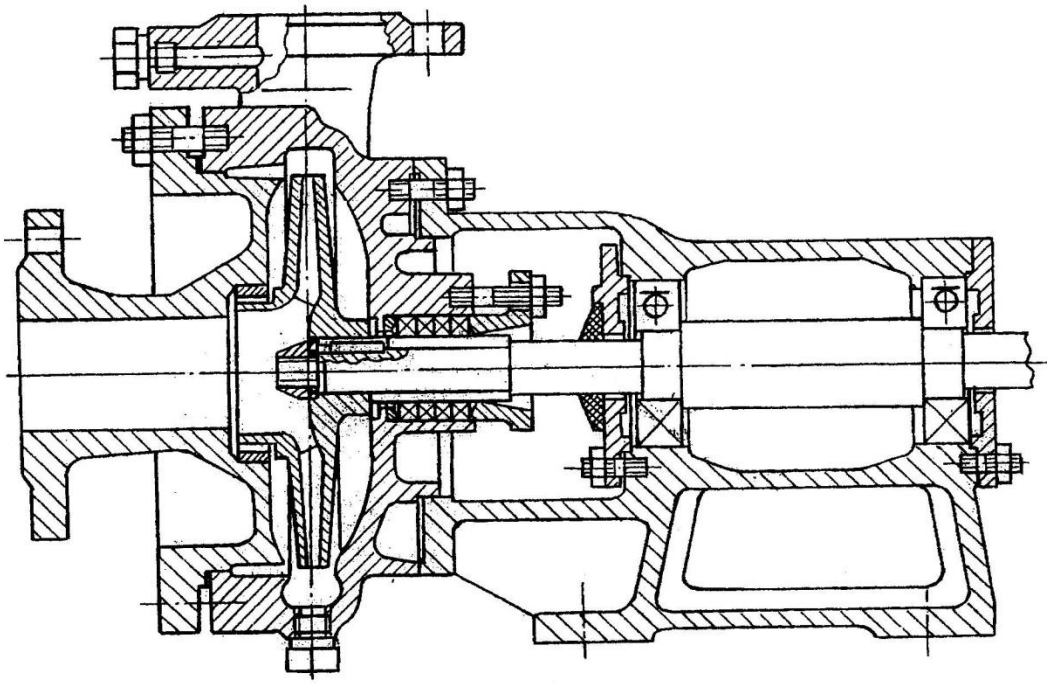

Рис. 12. Схема консольного насоса

На консольном конце вала крепят рабочее колесо. Со стороны входной воронки колеса корпус закрывают крышкой с входным патрубком, обеспечивающим осевой подвод жидкости к рабочему колесу.

Маркируются консольные насосы следующим образом. Первая буква обозначает область применения: Н – нефтяной, вторая буква - тип насоса (К – консольный). Цифры обозначают подачу, $м^3/ч$, и напор насоса м, при максимальном КПД. Для перекачки нефти и нефтепродуктов технологических установок выпускают насосы шести типов:

К - консольный с подшипниковым кронштейном;

М - моноблочный;

П - с плоским горизонтальным разъемом корпуса, спиральный;

ПС - то же, секционный;

Т - с торцовым фланцевым разъемом корпуса, спиральный;

ТС - то же, секционный.

Например. НК 65/35-40; НК 65/35-125; НПС 65/35-500: НПС 200-700 (ГОСТ 15150-69).

Насос двустороннего входа (тип Д) ГОСТ 10272-87. Эти насосы являются наиболее распространенным типом одноступенчатых насосов после консольных. Насос (рис. 13) горизонтальный, одноступенчатый, спирального типа с разъемом корпуса в горизонтальной плоскости. Входной и выходной патрубки насоса, расположенные в нижней части корпуса, направлены горизонтально в противоположные стороны. Насос имеет двусторонние выносные опоры, которые крепятся к его корпусу и фиксируются штифтами.

Маркируются эти насосы следующим образом: первая буква Н обозначает насос; вторая Д - с рабочим колесом двустороннего входа; третья - в. или с. или н - соответственно высоконапорный, средний и

низконапорный; цифры перед буквами означают диаметр всасывающего патрубка в мм, уменьшенный в 25 раз.

Большинство насосных станций магистральных нефте- и нефтепродуктопроводов, построенных до 1968 года, оснащались насосами серии Н и НД. Например, 10 Н-8х4, 8 НД-10х5.

Шифр записи означает: первое число - диаметр всасывающего патрубка, мм, уменьшенный в 25 раз; буква Н - нефтяной; буква Д - первое по ходу жидкости колесо с двусторонним входом; следующее число - коэффициент быстроходности, уменьшенный в 10 раз; последняя цифра - число ступеней.

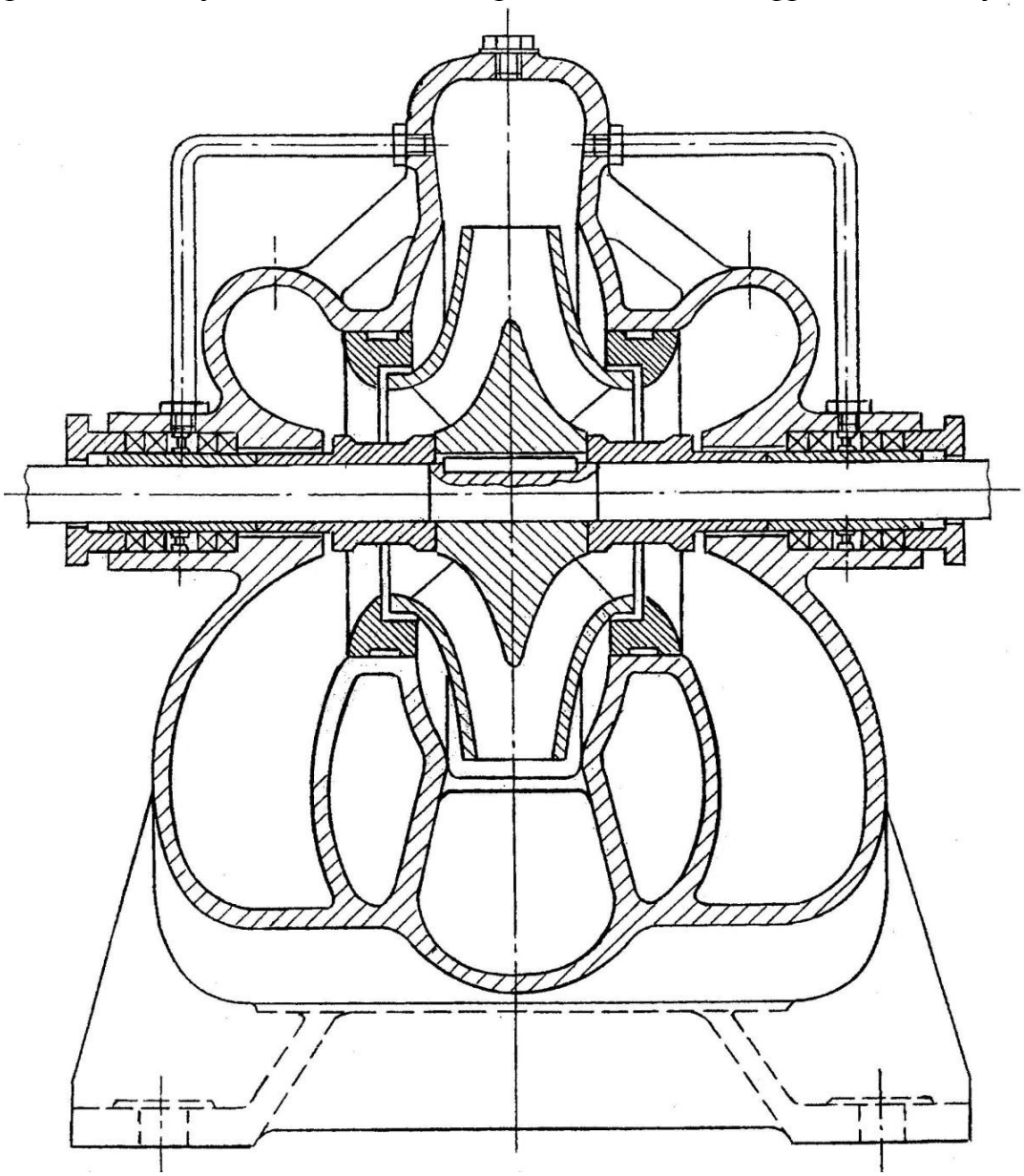

Рис. 13. Схема ЦБН с колесом двухстороннего действия

В настоящее время станции оборудуются магистральными насосами, маркировка которых согласно ГОСТ 12124-87 – НМ (рис. 14) .

Шифр записи означает: Н – нефтяной насос; М - магистральный; число после букв - подачу ($м^3$/ч); число после дефиса - напор (м). Например, НМ 10000-210.

В соответствии с ГОСТ Р 53675-2009 магистральные насосы маркируются следующим образом: НМПП - магистральный полнопоточный насос, НМПН - магистральный полнонапорный насос. Например, НМПП 710-280, НМПН 500-800.

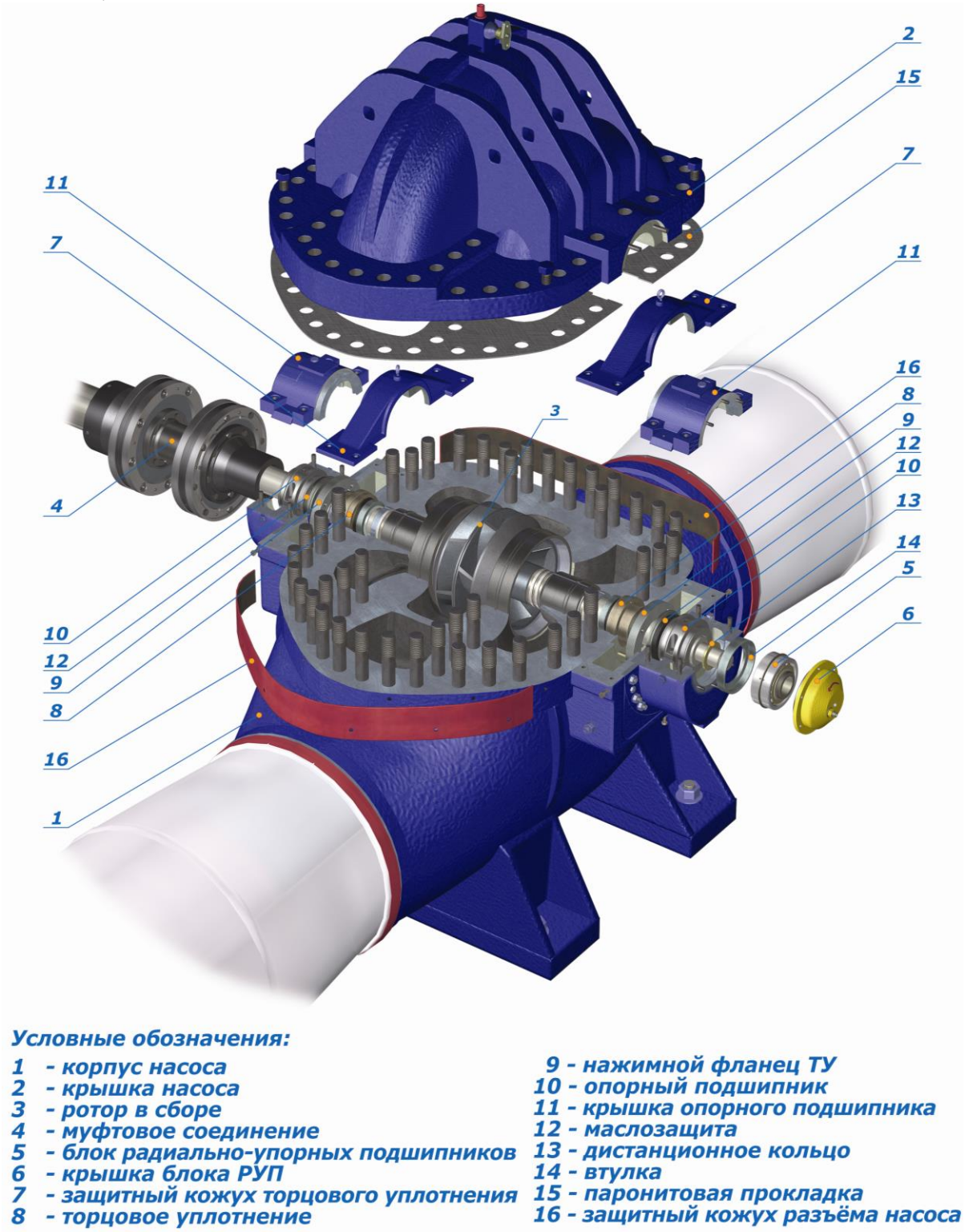

Рис.14. Конструкция магистрального насоса спирального НМ 10000-210

В промышленности применяют как спиральные, так и секционные многоступенчатые насосы.

Спиральные насосы выпускают, как правило, для средних напоров. Число ступеней не более шести. Корпус насоса имеет торцовый разъем в

горизонтальной плоскости. Входной и выходной патрубки расположены в нижней части корпуса и направлены горизонтально в противоположные стороны. Ступени насоса соединены между собой переводными каналами или трубами. Для уравновешивания осевого усилия в насосах спирального типа рабочие колеса обычно насажены на вал с симметричным расположением входных воронок.

Многоступенчатые насосы. Секционные насосы с направляющими аппаратами представляют собой конструкцию с односторонним расположением рабочих колес. Направляющие аппараты в насосах одних типов изготовляют совместно с секциями, в других - запрессовывают в секции. Секции и крышки со стороны входа и выхода соединены стяжными шпильками и образуют корпус насоса. В стыках корпуса проложены резиновые уплотнительные кольца. К крышкам корпуса шпильками прикреплены подшипниковые кронштейны. Совместно с крышками отлиты патрубки и опорные лапы (рис.15).

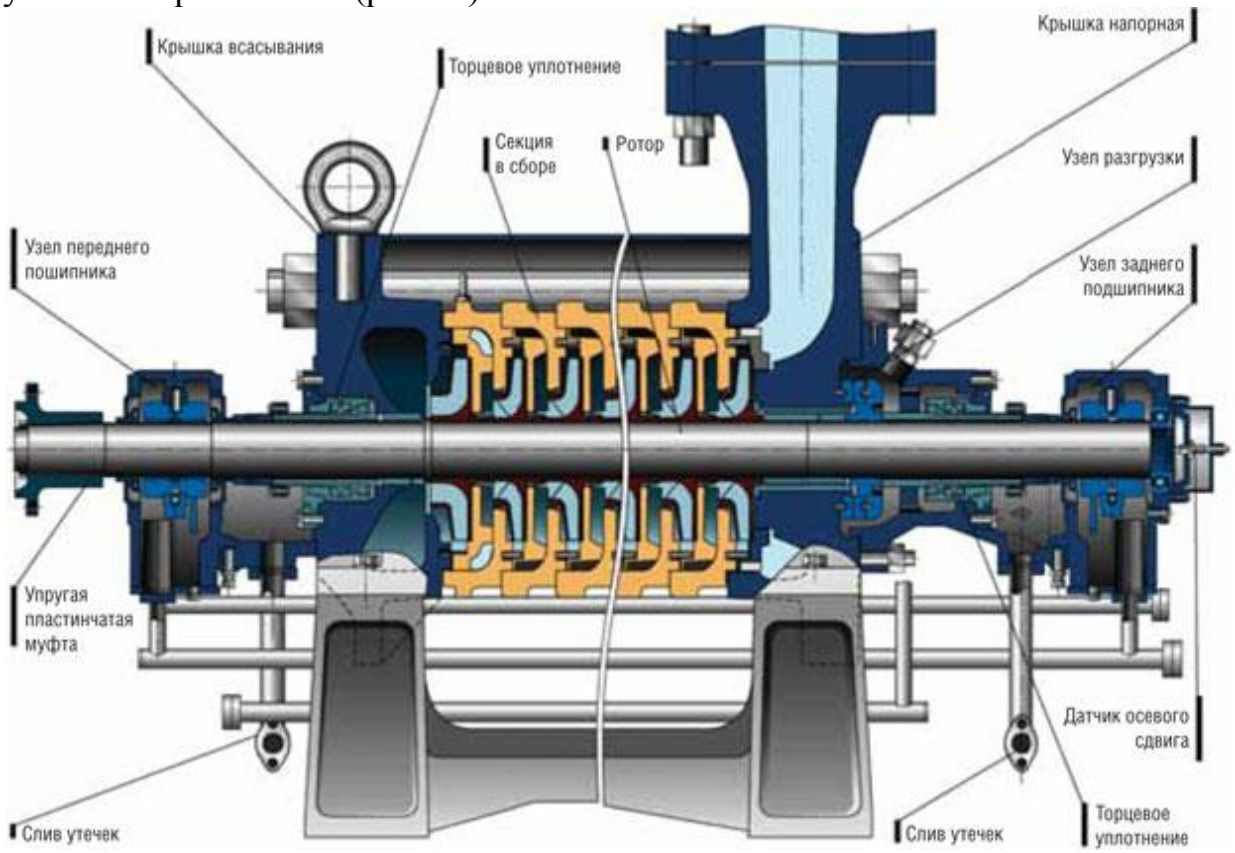

Рис.15. Конструкция многоступенчатого секционного насоса типа ЦНС

Секционные насосы используют для заводнения нефтяных пластов (насосы типа ЦНС) и подъема жидкости из нефтяных скважин (насосы типа УЭЦН). Последние представляют собой набор большого числа рабочих колес и направляющих аппаратов, предварительно собранных на валу и заключенных в стальной корпус, выполненный из трубной заготовки. Спускается насос в скважину на насосно-компрессорных трубах или специальном канате. Привод осуществляется от погружного специального электродвигателя.

В соответствии с ГОСТ 10407-88 и номенклатурой заводов-изготовителей многоступенчатые насосы типа ЦНС выпускаются следующих типов:

ЦНС - насосы для перекачивания воды, имеющей водородный показатель pH 7 - 8,5, с массовой долей механических примесей не более 0,1 %, размером твердых частиц не более 0,1 мм, микротвердостью не более 1,47 ГПа, температурой не более 318 К (45 °С);

ЦНСг - то же, с температурой не более 378 К (105 °С);

ЦНСс (ЦНСк)- насосы в однокорпусном исполнении для перекачивания агрессивных нефтепромысловых вод, в том числе сероводородосодержащих с массовой долей механических примесей не более 0,1 %, размером твердых частиц не более 0,1 мм, микротвердостью не более 1,47 ГПа, температурой не более 333 К (60 °С);

ЦНс - то же, в двухкорпусном исполнении;

ЦНСм - насосы для перекачивания масла с температурой от 275 К (2 ^{0}С) до 333 К (60 ^{0}С), которые используются в турбинах и турбогенераторах;

ЦНСн - насосы в однокорпусном исполнении для перекачивания нефти и нефтепродуктов с массовой долей механических примесей не более 0,2 %, размером твердых частиц не более 0,2 мм, температурой от 273 К (0 ^{0}С) до 318 К (45 °С). При этом перекачивать агрегаты могут обводненную, газонасыщенную и сырую нефть.

Маркировка насосов ЦНС в соответствии ГОСТ 10407-88: Ц – центробежный, Н – насос, С – секционный, число после букв - подача (м^3/ч), число после дефиса - напор (м). Например, ЦНС 300-180.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Записать цель работы.
2. Заэскизировать схему насоса (рис. 1) с указанием направления движения жидкости в нем.
3. Описать устройство насоса, принцип действия, маркировку.
4. Сделать эскизы рабочего колеса. Описать типы рабочего колеса, устройство, отличительные признаки, преимущества и недостатки.
5. Дать схему бесконтактных уплотнений рабочего колеса по корпусу насоса.
6. Зарисовать схемы концевых уплотнений вала. Рассмотреть их преимущества и недостатки.
7. Описать способы уравновешивания осевых сил, устройство подводов и отводов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чем заключается принцип действия центробежного насоса?
2. Из каких основных узлов и деталей состоит центробежный насос?
3. Для чего служит спиральная камера (направляющий аппарат) центробежного насоса?

4. Устройство и принцип действия лопаточного направляющего аппарата?

5. Как уплотняется рабочее колесо по корпусу центробежного насоса?

6. Какие уплотнения вала используются в центробежном насосе?

7. На каком принципе работают торцовые и щелевые уплотнения? В чем состоят их преимущества и недостатки?

8. Конструкция уплотнений с мягкой набивкой. Преимущества и недостатки.

9. Какие типы рабочих колес используют в центробежном насосе? Их различия, преимущества и недостатки.

10. Чем обусловлена осевая сила в центробежном насосе?

11. Какие методы разгрузки от осевых усилий используют в центробежном насосе?

12. Как воспринимаются радиальные усилия в центробежном насосе?

13. Какие системы смазки используют в центробежном насосе?

14. Каковы конструктивные исполнения центробежных насосов? Маркировка насосов. Применение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ларченко Т.Н., Брот Р.А. Лопастные насосы. - Уфа: Изд-во УНИ, 1978. - 75 с.

2. Михайлов А.К., Малюшенко В.В. Лопастные насосы. - М.: Машиностроение, 1977. - 288 с.

3. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 396 с.

4. Медведев В.Ф. Гидравлика и гидравлические машины.- Минск: Высш. шк., 1998. - 311 с.