

Насосы сверхвысокого давления

09, сентябрь 2015

Корнюшенко С. И., д.т.н., профессор

УДК: 62-522.2

Россия, ЗАО «Энерпром-Центр»

ksi.51@mail.ru

Введение

Гидрокомпоненты, работающие при давлении до 42,0 МПа достаточно широко и подробно описаны в технической литературе, каталогах и рекламных материалах производителей.

Гидросистемы со сверхвысоким давлением (свыше 70,0 МПа) пока не нашли массового распространения, но тем не менее, они достаточно часто используются для привода малогабаритного ручного инструмента, специального оборудования, применяются в испытательных стендах и других ответственных изделиях.

При передаче одной и той же мощности от первичного двигателя к исполнительному гидромеханизму увеличение давления влечет за собой уменьшение расхода. В результате требуется меньшие типоразмеры насоса, гидродвигателей, клапанно-распределительной аппаратуры, трубопроводов и т.п. Использование гидроприводов со сверхвысоким давлением позволяет существенно уменьшить габариты и массу оборудования, повысить его удельные показатели.

Развитие гидросистем со сверхвысоким давлением является одним из ключевых факторов создания компактных мощных гидроприводов и минитехники для различных отраслей экономики.

Богатый опыт создания и эксплуатации разнообразных гидроприводов показал, что сверхвысокое давление могут развивать только ограниченные виды насосов. К ним относятся поршневые и плунжерные типы. Рассмотрим эти конструкции, которые выпускаются серийно и достаточно широко используются в промышленности.

Привод насосов сверхвысокого давления можно разделить на три типа, которые определяют их конструкцию: ручной (мускульный), механический, пневматический.

1. Насосы с ручным приводом

Ручные (рычажные) насосы сверхвысокого давления приводятся в действие мускульной силой человека. Их задача – развить сверхвысокое давление, вырабатывая небольшой порционный расход, поступающий в исполнительный гидроцилиндр.

Насосы с мускульным приводом состоят из поршня, который перемещается внутри цилиндра. Движение поршня управляется рычагом. Рычаг перемещается рукой человека или ножной педалью с возвратной пружиной. На рис. 1 приведены типовые насосы сверхвысокого давления с ручным и педальным приводом.



Рис. 1. Насосы сверхвысокого давления с ручным и педальным приводом компании «Энерпром»

Как в любом поршневом насосе принцип их действия основан на всасывании и нагнетании рабочей жидкости при возвратно-поступательном движении поршня. На рис. 2 показана конструктивная схема насоса с ручным приводом.

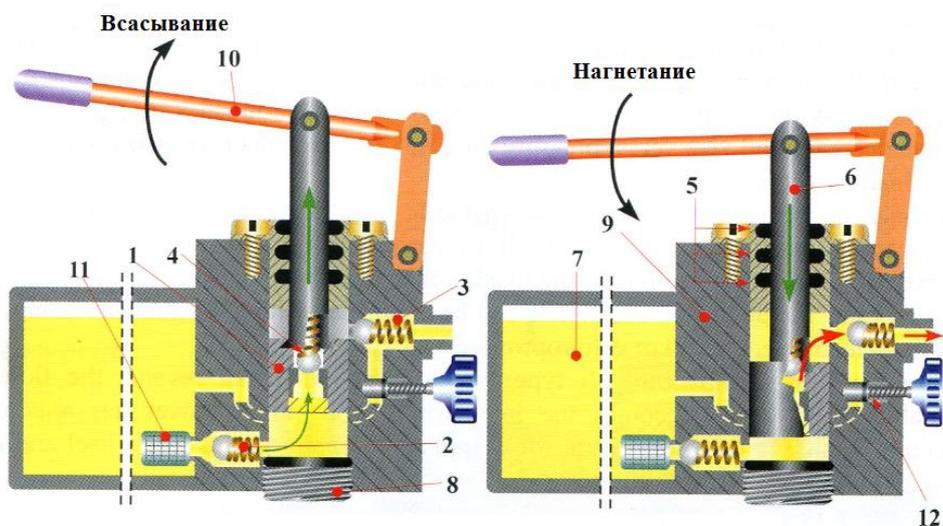


Рис. 2. Конструктивная схема насоса с ручным приводом

1 – поршень, 2 – впускной клапан, 3 – выпускной клапан, 4 – промежуточный клапан, 5 – уплотнение, 6 – шток, 7 – гидробак, 8 – сливная заглушка, 9 – корпус насоса, 10 – приводной рычаг, 11 – всасывающий фильтр, 12 – кран возврата жидкости в гидробак

В цилиндрической полости корпуса 9 установлен поршень 1, жестко связанный со штоком 6. Шток 6 шарнирно соединен с приводным рычагом 10. В поршне 1 установлен промежуточный клапан 4, связывающий поршневую и штоковую полости насоса. Поршневая полость через впускной клапан 2 соединена с гидробаком 7.

В таких насосах небольшой гидробак, обычно, является составной частью их конструкции. В гидробаке, перед впускным клапаном часто устанавливают всасывающий фильтр 11.

Штоковая полость через выпускной клапан 3 соединяется с выходным портом насоса. В крышке корпуса 9 насоса, которая служит направляющей штока 6, установлены уплотнения 5. Винтовой кран 12, расположенный в байпасном канале насоса, служит для возврата рабочей жидкости в гидробак. Для замены гидравлического масла и обслуживания насоса в корпусе 9 выполнена заглушка 8.

При перемещении приводного рычага 10 вверх шток 6 поднимает поршень 1. Впускной клапан 2 открывается, и рабочая жидкость всасывается в поршневую полость насоса. Промежуточный клапан 4 предотвращает поступление жидкости из штоковой полости в поршневую.

После достижения верхней мертвой точки оператор, прилагая мускульные усилия, опускает приводной рычаг 10 вниз. Под давлением жидкости впускной клапан 2 закрывается. Промежуточный клапан 4 поднимается, и рабочая жидкость, под давлением, поступает в штоковую полость насоса. Она открывает выпускной клапан 3 и поступает в гидросистему. Объем вытесненной порции рабочей жидкости равен произведению площади поршня на величину его хода, т.е.

$$v_{\text{п}} = F_{\text{п}} \times l.$$

Здесь:

$v_{\text{п}}$ – рабочий объем поршневой полости насоса;

$F_{\text{п}}$ – площадь поршня насоса;

l – ход поршня насоса.

При последующем перемещении приводного рычага 10 вверх, и, соответственно, поднятием поршня 1, промежуточный клапан 4 закрывается. Рабочая жидкость из штоковой полости продолжает, под давлением, поступать в гидросистему. Но, одновременно, рабочая жидкость из бака всасывается в штоковую полость насоса. Объем вновь поступившей порции рабочей жидкости в гидросистему меньше, чем предыдущий. Он равен произведению площади поршня в штоковой полости насоса на величину его хода.

$$v_{\text{ш}} = (F_{\text{п}} - F_{\text{ш}}) \times l.$$

Здесь:

$v_{\text{ш}}$ – рабочий объем штоковой полости насоса;

$F_{\text{ш}}$ – площадь штока насоса.

Таким образом, рабочий объем насоса при полном цикле движения поршня (вперед-назад) равен сумме рабочих объемов поршневой и штоковой полостей, т.е.

$$v = v_{\text{п}} + v_{\text{ш}} = (2F_{\text{п}} - F_{\text{ш}}) \times l.$$

После выполнения рабочей операции, исполнительный гидроцилиндр или домкрат необходимо вернуть в исходное положение. Для этого открывается кран 12 и рабочая жидкость из гидросистемы по байпасному (обводному) каналу возвращается в гидробак.

Ее движение происходит за счет действия на исполнительный гидроцилиндр, сил тяжести, либо мускульных усилий оператора.

Рабочий объем у таких насосов небольшой, приводной рычаг имеет относительно короткий ход, поэтому, вырабатываемый расход невысокий. Тем не менее, это наиболее распространенные насосы во всем мире, поскольку используются в очень многих областях промышленности. Давление, развиваемое ручными насосами, составляет от 70,0 до 280,0 МПа в некоторых специальных гидросистемах.

Двухступенчатые ручные насосы, схема которых представлена на рис. 3, содержат два поршня, которые шарнирно соединены с коромыслом приводного рычага.

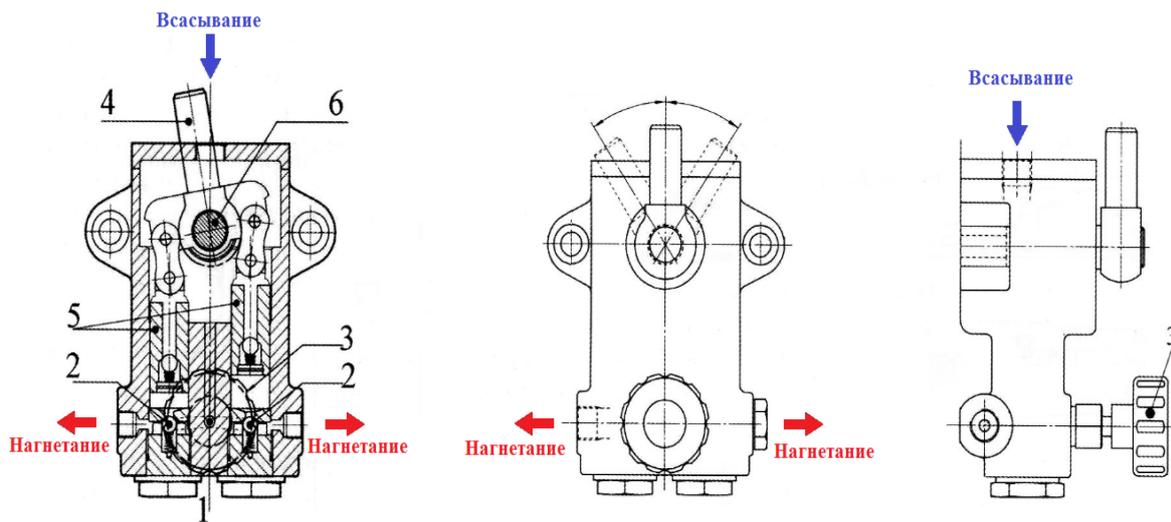


Рис. 3. Конструктивная схема двухступенчатого ручного насоса

- 1 – обводной (байпасный) клапан, 2 – выпускной клапан, 3 – захватное устройство, 4 – приводной рычаг, 5 – поршни, 6 – ось поворота приводного рычага

При перемещении приводного рычага влево один поршень поднимается и всасывает жидкость, а второй – опускается и нагнетает ее в гидросистему. При перемещении приводного рычага вправо, наоборот, первый поршень нагнетает жидкость, а второй ее всасывает.

Таким образом, при поочередной работе одинаковых поршней, рабочая жидкость подается в гидросистему непрерывно и более равномерно, чем в одноступенчатых насосах. Из схемы на рис. 3 видно, что двухступенчатые насосы способны приводить в действие одновременно два контура гидросистемы.

В промышленности широко применяются двухступенчатые версии ручных насосов с коаксиальными поршнями различной площади. При низком давлении оба поршня нагнетают рабочую жидкость в гидросистему с большим расходом. При высоких нагрузках в гидросистему нагнетает жидкость только один поршень с малой площадью, развивая сверхвысокое давление при малом расходе.

Насосы с мускульным приводом используются в различных гидромеханизмах. Среди некоторых из них: различные виды домкратов, статический гидроинструмент, параллело-

граммные механизмы подъемных платформ, малогабаритные грузоподъемные краны, прессы, лабораторное испытательное оборудование на давление до 200,0 МПа и т.п.

2. Насосы с механическим приводом

Механический привод насосов осуществляется электромоторами и двигателями внутреннего сгорания (бензиновыми и дизельными). Их задача, не только обеспечить сверхвысокое давление в гидросистеме, но и подавать в исполнительные гидроцилиндры стабильный расход рабочей жидкости. Насосы сверхвысокого давления с механическим приводом выпускаются двух типов: аксиально-поршневые и радиально-поршневые.

2.1. Аксиально-поршневые микронасосы

Аксиально-поршневые насосы сверхвысокого давления с постоянным рабочим объемом выпускаются в малогабаритном исполнении (диаметр корпуса от 30 до 70 мм, длина до 110 мм). Одним из ведущих мировых производителей таких гидрокompонентов является компания Vieri (Швейцария). На примерах ее продукции рассмотрим реальные конструкции. На рис. 4 показан типовой малогабаритный аксиально-поршневой микронасос с наклонной шайбой.



Рис. 4. Микронасос на давление 70,0 МПа

Микронасосы развивают давление до 70,0 МПа. Их рабочий объем постоянный и, в зависимости от исполнений, составляет типоразмерный ряд от 0,016 до 2,2 см³. Характеристики микронасосов других производителей могут незначительно отличаться. Величину рабочего объема конкретного исполнения определяет количество поршней в насосе. Их может быть от 2 до 7 шт. Регулирование потока рабочей жидкости может осуществляться за счет изменения частоты вращения вала первичного двигателя.

Микронасосы содержат входной и выходной порты, но существуют исполнения, с отверстием в корпусе, через которое происходит всасывание рабочей жидкости. Они часто применяются в буровом инструменте при проходке нефтяных скважин (рис. 5).



Рис. 5. Микронасос сверхвысокого давления в буровом инструменте

На рис. 6 показана конструкция аксиально-поршневого микронасоса сверхвысокого давления.

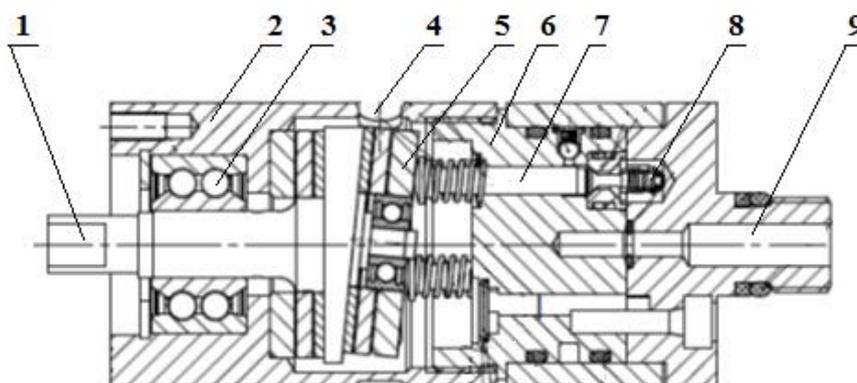


Рис. 6. Аксиально-поршневой микронасос сверхвысокого давления

1 – приводной вал, 2 – корпус, 3 – подшипник, 4 – всасывающее отверстие, 5 – наклонная шайба, 6 – блок цилиндров, 7 – плунжер, 8 – распределительный клапан, 9 – нагнетающий канал

Микронасосы сверхвысокого давления обладают следующими преимуществами:

- высоким КПД при низкой частоте вращения приводного вала;
- широким диапазоном частоты приводного вращения вала;
- низким уровнем шума;
- высокой долговечностью;
- смазка и охлаждения насоса – от входного потока рабочей жидкости.

Они используются в гидросистемах с плотной удельной мощностью: переносных насосных и испытательных станциях (в том числе, работающих от аккумуляторных батарей), авиации, подводных аппаратах, для выработки небольшого расхода в автомобилях, химической и пищевой промышленности для дозировки жидких веществ и т.п.

2.2. Специальные радиально-поршневые насосы

Радиально-поршневые насосы сверхвысокого давления имеют широкий ряд исполнений, среди них: однопоточные, комбинированные, многопоточные.

Однопоточные насосы

Радиально-поршневые насосы сверхвысокого давления обычно выпускаются с постоянным рабочим объемом и клапанным распределением потоков рабочей жидкости. Рассмотрим принципиальную конструкцию трехплунжерного насоса на примере модели PR4 компании Bosch Rexroth (Германия), представленной на рис. 7.

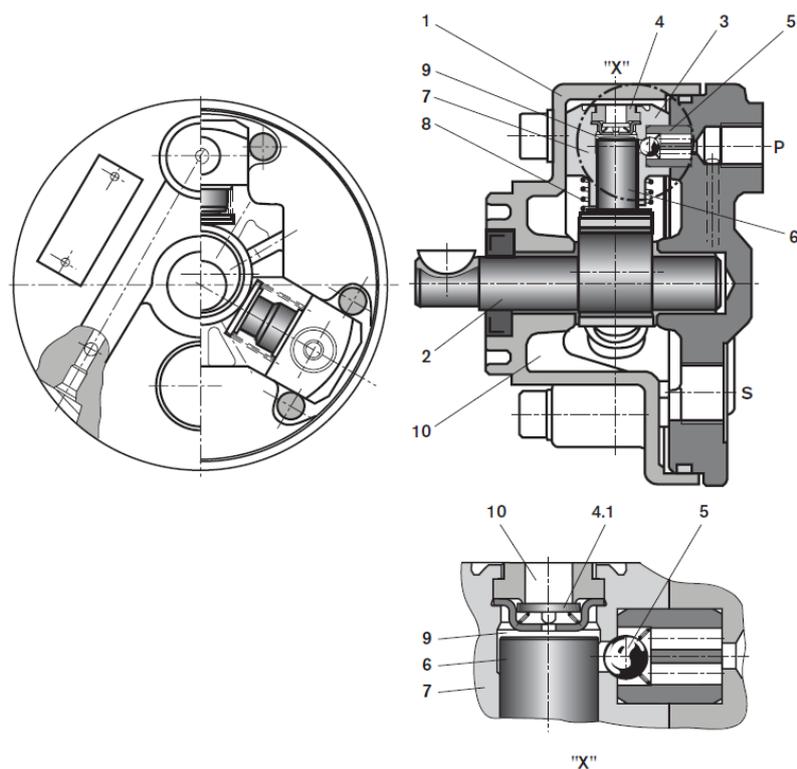


Рис. 7. Радиально-поршневой насос с клапанным распределением РЖ S – всасывающий порт, P – нагнетательный порт

1 – корпус, 2 – приводной эксцентриковый вал, 3 – качающий узел, 4 – всасывающий клапан, 4.1 – запорный элемент всасывающего клапана, 5 – напорный клапан, 6 – поршень, 7 – цилиндр, 8 – возвратная пружина, 9 – рабочая камера, 10 – всасывающая полость

Насос содержит корпус 1, в котором установлен приводной эксцентриковый вал 2. В корпусе 1 размещены три одинаковых качающих узла. Качающий узел 3 состоит из цилиндра 7, закрепленного на корпусе 1, поршня 6, который перемещается внутри цилиндра 7. Поршень 6 своей пятой опирается на рабочую поверхность эксцентрика приводного вала 2. На внешнюю поверхность цилиндра 7 надета возвратная пружина 8. С одной стороны она упирается в буртик цилиндра 7, с другой – в пяту поршня 6. Подвижный поршень 8 образует с внутренней полостью цилиндра 7 рабочую камеру 9. На торце цилиндра 7, со стороны всасывающей полости 10, установлен клапан 4 с запорным пластинчатым элементом 4.1, а в нагнетающей полости – шариковый напорный клапан 5.

Работает насос следующим образом. При вращении эксцентрикового вала и перемещении поршня 6 вниз под действием пружины 8, объем рабочей камеры 9 увеличивается. Давление в ней падает, и запорная пластина 4.1 отходит от уплотняющей кромки седла. Клапан 4 открывается, соединяя всасывающую полость 10 насоса с его рабочей камерой 9. Камера 9 наполняется гидравлической жидкостью. Во время движения поршня 6 вверх, всасывающий клапан 4 закрывается, а напорный шариковый клапан 5 открывается. Рабочая жидкость через нагнетательный порт P поступает в гидросистему.

На рис. 8 показан типовой радиально-поршневой насос сверхвысокого давления компании Bieri (Швейцария).



Рис. 8. Радиально-поршневой насос сверхвысокого давления компании Bieri

Различные исполнения насосов типа BRK этой компании рассчитаны на давления: 50,0; 65,0; 70,0; 85,0; 90,0 и 100,0 МПа. Типоразмерный ряд рабочих объемов – от 0,47 до 8,14 см³. Рабочий объем каждой модели определяется количеством поршней в качающих узлах. Их количество всегда нечетное и может составлять 3, 5, 7 или 9 шт. Чем больше число поршней, тем ниже пульсация потока.

Комбинированные насосы

Комбинированные насосы содержат два гидроконтур – низкого и сверхвысокого давления. При выполнении малонагруженных и холостых операций, гидроконтур низкого давления, работая совместно с насосом сверхвысокого давления, обеспечивает большую скорость исполнительного механизма, создавая относительно небольшие усилия (например, подвод инструмента в рабочую зону, обратный ход гидродвигателя и т.п.). Гидроконтур сверхвысокого давления, при малых расходах, развивает очень большие усилия (совершается силовая рабочая операция). На рис. 9 показана гидросхема комбинированного насоса (а) и внешний вид его исполнений (б, в).



Рис. 9. Гидросхема комбинированного насоса и внешний вид его исполнений

ВД – гидроконтур сверхвысокого давления,

НД – гидроконтур низкого давления

S – порт всасывания, P – порт нагнетания, T1, T2 – порты слива

В качестве секции низкого давления в некоторых моделях используются серийные шестеренные насосы (рис. 9б). Они крепятся непосредственно к внешней поверхности корпуса насоса сверхвысокого давления. Привод осуществляется от общего сквозного вала. На корпусе шестеренного насоса устанавливают клапанный блок, соединяя его с гидравлическими каналами обоих качающих узлов по схеме, показанной на рис. 9а. Давление и рабочий объем шестеренного насоса выбирают исходя из приводной мощности и параметров гидравлического оборудования. Так, например, распространенные модели типа SKP компании Vieri комплектуются шестеренными насосами, развивающими давление до 10,0 МПа, а линейка рабочих объемов составляет от 4,0 до 16,71 см³/об. Секция высокого давления, рассчитана на 70,0 МПа при рабочих объемах от 0,45 до 2,71 см³/об.

Другие модификации комбинированных насосов имеют встроенное исполнение качающего узла низкого давления. Его конструкция отличается от аналога для сверхвысокого давления увеличенным диаметром поршней. На внешней поверхности корпуса устанавливаются только клапанные блоки. Внешний вид таких насосов показан на рис. 9в. Для моделей типа ККР гидроконтур низкого давления рассчитан на 16,0 МПа, а линейка рабочих объемов составляет от 0,47 до 4,60 см³/об. Секция высокого давления, рассчитана на 70,0 МПа при рабочих объемах от 0,12 до 2,71 см³/об.

Комбинированные насосы сверхвысокого давления нашли широкое применение в приводах ручного гидравлического инструмента и другом аналогичном оборудовании.

Многопоточные насосы

Многопоточные насосы применяются в гидросистемах, содержащих несколько гидроконтуров. Каждый контур таких гидроприводов, может требовать одинаковых или различных расходов или давлений. Многопоточные радиально-поршневые насосы содержат поршневые качающие узлы, каждый из которых, либо несколько из них, соединяются с отдельными выходными портами нагнетания. В зависимости от комбинаций объединения качающих узлов, в том числе с различными диаметрами поршней, можно подобрать тре-

буемые расходы рабочей жидкости и настроить необходимые максимальные давления в отдельных контурах гидросистемы.

Многопоточные насосы сверхвысокого давления используются в сложном ответственном оборудовании, например, для синхронизации движения силовых домкратов при подъеме тяжелых крупногабаритных конструкций. Они также применяются для привода ручного гидроинструмента, систем тензорных домкратов и другого подобного оборудования.

На рис. 10 показаны гидросхема насоса типа MRK компания Vieri и его внешний вид. Этот радиально-поршневой насос развивает давление до $p = 100,0$ МПа. Опции насоса содержат от 3-х до 12-ти качающих узлов, которые могут комплектоваться поршнями различного диаметра. Комбинируя количество качающих узлов и размеры поршней в них можно реализовать, через соответствующие порты нагнетания, от 2-х до 8-ми независимых потоков рабочей жидкости.

При общем рабочем объеме насоса $5,43$ см³/об, в отдельных контурах он может составлять от $0,16$ до $2,71$ см³/об. Следует отметить, что при давлениях ниже $65,0$ МПа, рабочий объем отдельных контуров насоса может достигать $3,62$ см³/об за счет увеличения диаметра поршней.

Максимальная частота вращения вала насоса составляет 2000 об/мин. Высота всасывания – 500 мм.



$Q_1, Q_2, Q...$; $p_1, p_2, p...$ - Расход и давление в гидроконтурах 1, 2, ...

S – порт всасывания

Рис. 10. Многопоточный радиально-поршневой насос на $100,0$ МПа

Для привода насоса с соответствующими рабочими объемами его контуров, требуется различная мощность, передаваемая первичным двигателем. Ее можно рассчитать по следующей формуле.

$$N = \frac{\sum(p \cdot v_i) \cdot n \cdot k}{\eta \cdot 60 \cdot 10^3}$$

Здесь:

N – потребная мощность насоса, кВт;

p – рабочее давление, МПа;

v_i – рабочий объем контура насоса, см³/об;

n – частота вращения приводного вала насоса, об/мин;

η – общий КПД насоса ($\sim 0,9$);

k – коэффициент пульсации насоса

Коэффициент пульсации k зависит от количества поршней (качающих узлов) в насосе и определяется из таблицы 1.

Таблица 1. Значения коэффициента пульсации в зависимости от количества поршней в насосе

Коэффициент пульсации k	Количество поршней в насосе, шт.
$\sim 1,05$	3
$\sim 1,1$	4
$\sim 1,0$	5
$\sim 1,05$	6
$\sim 1,0$	Свыше 7

2.3. Плунжерные насосы

Плунжер — вытеснительный элемент цилиндрической формы, длина которого намного больше диаметра. Плунжерные насосы способны развивать более высокие давления, чем поршневые. В таких насосах жесткие требования предъявляются к точности и чистоте обработки внешней цилиндрической поверхности плунжера. При производстве поршневых насосов наиболее важной операцией является расточка внутренних поверхностей цилиндров. Шлифовка внешних цилиндрических поверхностей технологически осуществляется легче, чем внутренних. Точность сопряжения подвижных пар качающих узлов у современных плунжерных насосов очень высокая и составляет 2-3 мкм. Давления, которые способны выдерживать плунжерные пары достигают 200,0 МПа.

Плунжерные насосы применяются во многих отраслях экономики. В машиностроении они часто используются в силовых агрегатах, гидравлических прессах, формовочном, испытательном оборудовании и т.п.

В станкостроении нашли применение рядные плунжерные насосы с эксцентриковым валом. При вращении эксцентриков плунжеры, опираясь на их поверхности, совершают возвратно-поступательные движения. Происходят процессы всасывания и нагнетания рабочей жидкости.

Широкое распространение в различных областях промышленности получили плунжерные насосы с кривошипно-шатунным механизмом. На рис. 11 показана кинематическая схема таких насосов.

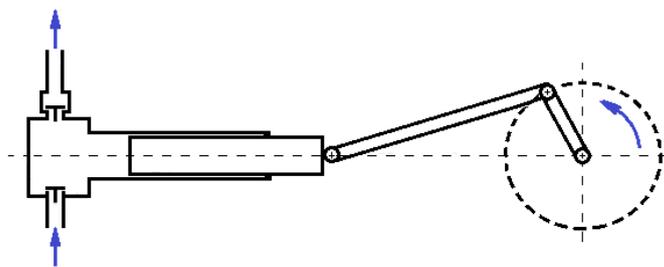


Рис. 11. Схема плунжерного насоса с кривошипно-шатунным механизмом

Плунжерные насосы с кривошипно-шатунным механизмом характеризуются высокой производительностью. Они вырабатывают расход от 4 до 430 л/мин и более. На рис. 12 показан внешний вид и разрез качающего узла такого насоса.



Рис. 12. Плунжерные насосы с кривошипно-шатунным механизмом

3. Насосы с пневматическим приводом

Принцип действия насосов с пневматическим приводом основан на работе пневмогидравлического мультипликатора (усилителя), т.е. на динамическом равновесии системы «поршень пневмоцилиндра – плунжер гидронасоса». Соотношение площадей поршня пневмоцилиндра и нагнетающего рабочую жидкость плунжера определяет коэффициент усиления насоса по давлению. Такие насосы называют бустерными или дожимными.

В отличие от объемных насосов с механическим приводом, жестко соединенные между собой поршень пневмоцилиндра и плунжер гидронасоса обеспечивают обратную связь по давлению на выходе в системе «насос – гидропривод». При минимальном давлении в гидросистеме скорость плунжера, а, следовательно, и расход насоса – максимальны. Рост давления жидкости приводит к уменьшению скорости движения плунжера, вплоть до полной его остановки, что соответствует нулевому расходу насоса. Важно отметить, что работа при нулевом расходе (поддержание давления в гидросистеме) является для насоса нормальным рабочим режимом.

Бустерные насосы питаются от пневмосети предприятий или отдельных компрессоров. Диапазон давлений питающей пневмосети – от 0,02 до 1,0 МПа. Развиваемое давление в гидравлическом контуре составляет 100,0–150,0 МПа, а в отдельных исполнениях превышает 600,0 МПа.

Насосы сверхвысокого давления с пневмоприводом применяются в различных отраслях промышленности: нефтегазодобывающей, химической, коммунальном хозяйстве и др. В машиностроительной гидравлике они используются в приводах станочного оборудования, гидравлических прессов, зажимов, роботов, подъемных средств, ручного инструмента, испытательных стендах и т.п. Эти насосы эффективно используются в оборудовании, работающем во взрывоопасных условиях.

Типовая схема бустерного насоса сверхвысокого давления с пневмоприводом показана на рис. 13. Он состоит из двух частей: блока пневматического привода и гидравлического плунжерного насоса.

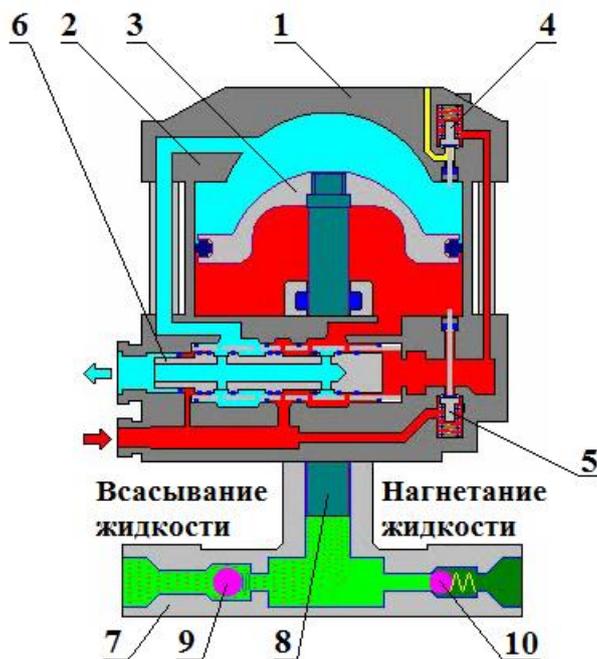


Рис. 13. Схема бустерного насоса сверхвысокого давления с пневмоприводом

- 1 – корпус пневмопривода, 2 – пневмоцилиндр, 3 – поршень пневмоцилиндра, 4 – клапан пилотный верхний, 5 – клапан пилотный нижний, 6 – золотник пневмопривода, 7 – корпус гидронасоса, 8 – плунжер гидронасоса, 9 – клапан всасывания РЖ, 10 – клапан нагнетания РЖ

Блок пневматического привода содержит корпус 1. В нем выполнен пневмоцилиндр 2. В пневмоцилиндре 2 установлен поршень 3, шток которого жестко связан с плунжером 8 гидронасоса. Пневмоцилиндр 2 и поршень 3 обычно выполняют из облегченных материалов – алюминия или стекловолокна. В корпусе 1 размещены управляющий золотник 6, верхний 4 и нижний 5 пилотные клапаны. Корпус 1 блока пневматического привода содержит входной и выходной порты и внутренние каналы, по которым нагнетается сжатый воздух и удаляется отработанный. Выходной порт может соединяться с глушителем (на рис. 13 не показан).

К блоку пневмопривода жестко крепится корпус гидронасоса 7, с установленными в нем клапанами всасывания 9 и нагнетания 10. В корпусе гидронасоса 7 выполнен цилиндр, в котором размещен плунжер 8. Они образуют качающий узел гидронасоса.

Потактовая схема работы бустерного насоса сверхвысокого давления с пневматическим приводом показана на рис. 14.

В начале цикла (рис. 14а) поршень 3 пневмоцилиндра 2 находится в крайнем верхнем положении. Поверхность поршня, механически воздействуя на пилотный клапан 4, держит его открытым. Пилотный клапан 4 соединяет правую торцевую полость золотника 6 с окружающей средой (желтый цвет). Золотник 6, под воздействием пружины занимает правое положение.

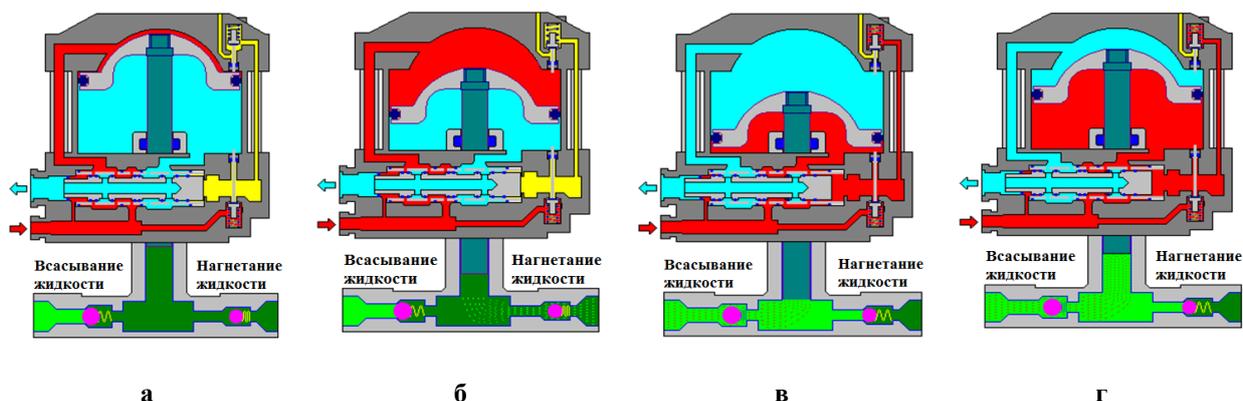


Рис. 14. Схема работы бустерного насоса с пневмоприводом

Сжатый воздух (обозначен красным цветом), проходя через золотник 6, по каналам блока пневмопривода поступает в поршневую полость пневмоцилиндра 2. Поршень 3 начинает движение вниз (рис. 14 б). Отработанный воздух из поршневой полости пневмоцилиндра 2, проходя через золотник 6, по каналам блока пневмопривода удаляется в окружающую среду. Движение поршня 3 заставляет перемещаться плунжер 8 гидронасоса, который вытесняет рабочую жидкость. Под давлением рабочей жидкости клапан всасывания 9 закрывается, а клапан нагнетания 10 открывается. Порция рабочей жидкости поступает в гидросистему. В начале этого такта пилотный клапан 4 под действием пружины закрывается, но золотник 6 остается в правом крайнем положении.

Достигая своей нижней точки, поршень 3 механически воздействует на пилотный клапан 5 (рис. 14в). Он открывается, и сжатый воздух поступает в правую торцевую полость золотника 6. Преодолевая сопротивление пружины, воздух, находясь под давлением нагнетания, перемещает золотник 6 в крайнее левое положение. Коммутация внутренних каналов изменяется, и сжатый воздух поступает в штоковую полость пневмоцилиндра 2.

Поршень 3 начинает движение вверх, вытесняя отработанный воздух из поршневой полости пневмоцилиндра 2 (рис. 14 г). Вместе с поршнем 3 поднимается плунжер 8, создавая разрежение рабочей жидкости в гидравлическом контуре насоса. Под действием давления в гидросистеме, клапан нагнетания 10 закрывается, а клапан всасывания 9 открывается. Новая порция рабочей жидкости поступает в качающий узел насоса.

Заняв крайнее верхнее положение, поршень 3 механически воздействует на пилотный клапан 4 и открывает его. Сжатый воздух из торцевой полости золотника 6 удаляется в

окружающую среду. Одновременно закрывается пилотный клапан 5. Золотник 6, под действием пружины, вновь занимает крайнее правое положение, и технологический цикл повторяется (рис. 14а).

Ведущим производителем и разработчиком насосов сверхвысокого давления является компания Haskel (США). Она выпускает несколько десятков моделей насосов сверхвысокого давления с различными параметрами и опциями. На рис. 15 показано фото типового насоса этой компании.



Рис. 15. Типовой насос сверхвысокого давления компании Haskel

Насосы насос сверхвысокого давления компании Haskel предназначены не только для работы с гидравлическими минеральными маслами. Они способны перекачивать воду и различные химические жидкости, в том числе агрессивные.

Заключение

Насосы сверхвысокого давления позволяют создавать компактные силовые гидроприводы специального назначения. Они могут успешно эксплуатироваться в составе сложной эксклюзивной техники. Развитие гидроприводов сверхвысокого давления, их широкое внедрение в конструкции различных машин и технологического оборудования могут стать платформой для перехода традиционного объемного силового гидропривода на новую степень технологической культуры машиностроения.

Список литературы

- [1]. Башта Т.М. Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем. Учебник для вузов. М.: Машиностроение. 1974. 606 с.
- [2]. Свешников В.К. Станочные гидроприводы. Справочник. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение. 2008. 640 с.

- [3]. Корнюшенко С.И. Насосы сверхвысокого давления // Строительная техника и технологии. Международный специализированный журнал. М.: ООО «Издательский дом СТТ». 2014. № 3 (103). С. 118-123.
- [4]. Гидравлические насосные станции: Каталог Энерпром. М.: ЗАО «Энерпром-Центр». 2015. 24 с.
- [5]. Bieri SWISS HYDRAULICS. Гидравлические системы высокого давления для различного применения: Каталог Энерпром. М.: ЗАО НПО «Энерпром». 2013. 8 с.
- [6]. Haskel. Каталог насосов. Режим доступа: <http://www.haskel-hydro.ru/catalogs.php#top> (дата обращения: 2.09.2015)