



HYDRAULICS INTERNATIONAL INC.
PUMPS DIVISION

**ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ НАСОСЫ
ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ
С ПНЕВМАТИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ**



ОПИСАНИЕ РАБОТЫ НАСОСОВ

© Лимаев Станислав Львович, 2019.

Текстовые и графические материалы данного документа являются уникальными, не переведенными, не заимствованными из других источников.

Исключение: фотографии насосов, предоставленные производителем и логотип производителя.

Любое использование текстовых и графических материалов, полное или частичное, без письменного разрешения автора является нарушением авторских прав.

1. Конструкция и принцип работы насосов НИИ

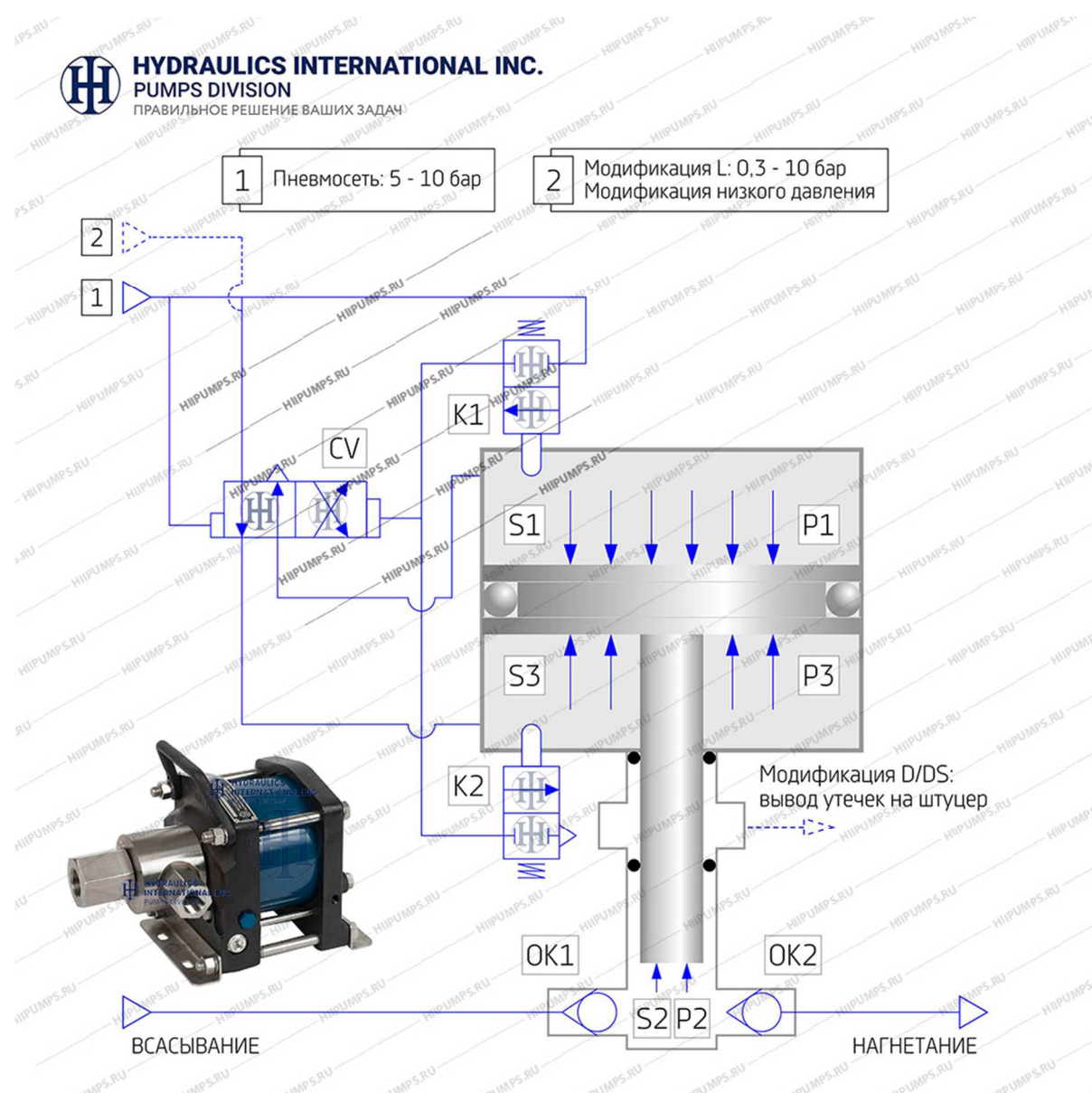


Рисунок 1.1. Пневмогидравлическая схема насоса НИИ серии 5L-SS

Гидравлические насосы НИИ с пневматическим приводом предназначены для перекачки воды, масла, химически активных и агрессивных жидкостей под высоким и сверхвысоким давлением.

Для привода насоса необходим воздух низкого давления (5-10 бар).

Подключение насоса к электросети невозможно и не требуется.

Перед изучением принципов управления насосами, особенностей применения и преимуществ насосов НИИ важно изучить конструкцию и принцип работы насосов.

Рассмотрим конструкцию принцип работы насосов НИИ на примере простейшей серии 5L-SS.

Пневмогидравлическая схема насоса представлена на рисунке 1.1.

Гидравлическая часть

Узел гидравлической части состоит из корпуса (нерж. сталь 15-5 PH, 316 SS), плунжера (нерж. сталь 15-5 PH, 316 SS, Стеллит), главного уплотнения плунжера (UHMWPE – сверхвысокомолекулярный полиэтилен), обратных клапанов на всасывании и нагнетании.

Плунжер, совершая возвратно-поступательные движения, втягивает и вытесняет жидкость на циклах всасывания и нагнетания.

Гидравлическая часть является несмазываемой. Допускается длительная работа насоса в режиме сухого хода при низких скоростях плунжера.

Обратные клапаны

Обратные клапаны обеспечивают направление потока жидкости от всасывания к нагнетанию.

Низкое давление открытия обратных клапанов обеспечивает высокие всасывающие способности насоса при подаче жидкости от безнапорных источников (безнапорного бака, бочки, емкости).

Большинство моделей способны к самовсасыванию. Высота всасывания до 5 метров.

Однако рекомендуется обеспечивать высокие давления на всасывании для высоконагруженных применений насосов, чтобы снизить циклическую усталость металла корпуса и плунжера насоса.

Все узлы гидравлической части рассчитаны на максимальное рабочее давление насоса, включая штуцеры и обратный клапан на всасывании.

Обратные клапаны не позволяют реализовать реверсивность работы в конструкции насоса. Для реверсивной работы гидросистемы необходимо предусмотреть внешние распределители потока.

При подаче жидкости под давлением на всасывании насоса она откроет обратные клапаны насоса и беспрепятственно потечет в нагнетательную магистраль при «выключенном» пневматическом приводе насоса. Насос не запирает поток в прямом направлении в выключенном состоянии.

Насос не позволяет сбросить или снизить давление в линии нагнетания – обратный клапан на нагнетании запирается.

Главное уплотнение плунжера

Главное уплотнение плунжера обеспечивает надежное уплотнение гидравлической части как в процессе работы насоса (динамическом режиме) так и в состоянии покоя под нагрузкой (статическом режиме).

В стандартном исполнении материал уплотнения UHMWPE – сверхвысокомолекулярный полиэтилен.

Под различные жидкости, несовместимые с UHMWPE, применяются модификации с учетом совместимости с жидкостью.

В стандартном исполнении насосы изготавливаются с одинарным уплотнением, разделяющим гидравлическую часть и пневматический привод.

В исполнении с промежуточным фонарем (модификация D или DS) узел уплотнения состоит из двойного уплотнения, обеспечивающего разделение: гидравлическая часть – атмосфера и пневматическая часть – атмосфера.

Модификации D и DS применяются при перекачивании агрессивных, токсичных, опасных, воспламеняющихся жидкостей для исключения распыления вещества в атмосферу через пневматический привод насоса в случае повреждения уплотнения.

Для перекачки стандартных жидкостей, таких как вода, масла достаточно стандартного уплотнения плунжера.

Пневматический привод

Пневматический привод насоса состоит из силовой части и узла реверсирования.

Все элементы пневматического привода смазываются консистентной смазкой в процессе сборки насоса.

Подача масла в питающий воздух недопустима. Существуют ограничения по влажности воздуха – проконсультируйтесь с нашими специалистами.

Силовая часть

Силовая часть пневматического привода состоит из поршня пневматического привода, жестко связанного с плунжером насоса и корпуса пневматического привода.

Поршень пневматического привода при прямом ходе (вниз) запитывается от пневмосети давлением P1.

Давление P1 на площади S1 рабочей поверхности поршня создает усилие, сжимающее жидкость в рабочей камере насоса (P2). Происходит цикл нагнетания жидкости.

При обратном ходе усилие P3*S3 создает разрежение в рабочей камере. Происходит цикл всасывания жидкости.

Коэффициент мультипликации. Равновесие плунжера.

Поршень пневматического привода, жестко соединенный с плунжером насоса образуют систему поршень-плунжер. Плунжер в этой системе также выполняет функцию соединительного штока. Далее под равновесием плунжера будет пониматься равновесие системы поршень-плунжер.

Равновесное состояние плунжера $P1 \times S1 = P2 \times S2$

Рассмотрим процесс постепенного повышения давления в нагнетательной линии.

В начале процесса нагнетания P2 мало, $P1 \times S1 \gg P2 \times S2$.

Плунжер не испытывает значительного сопротивления со стороны гидравлической части, результирующее усилие за вычетом механических и гидравлических сопротивлений придает ускорение плунжеру и заставляет его двигаться с максимальной возможной скоростью, ограничиваясь прежде всего пропускной способностью пневматической линии и количеством доступного воздуха от пневматического источника.

По мере роста давления P2 система приближается к равновесию, количество сжатого воздуха, требуемое для создания усилия P1, растет, плунжер начинает замедляться.

При достижении равновесного состояния $P1 \times S1 = P2 \times S2$ плунжер останавливается, находясь под нагрузкой.

Насос переходит в режим слежения по давлению. По мере снижения давления P2 в нагнетательной линии в результате утечек, расходования жидкости, напорного течения и проч. система поршень-плунжер выходит из равновесия и стремится компенсировать разницу усилий. Происходит «автоматическая» подкачка системы.

Соотношение $\frac{S1}{S2}$ определяет соотношение $\frac{P2}{P1}$ и, таким образом определяет максимальное давление нагнетания P2 при постоянном давлении в пневмосети P1.

Соотношение $\frac{S1}{S2}$ называют коэффициентом мультипликации, K.

Коэффициент мультипликации является основным параметром насоса.

Насосы HIH изготавливаются трех унифицированных типоразмеров силовой части пневматического привода: 3", 5", 7".

Различные коэффициенты мультипликации определяют модельный ряд насосов внутри одной серии и определяются диаметром плунжера.

Реверсивный узел

Реверсивный узел состоит из ассиметрично нагруженного реверсивного золотникового распределителя CV (далее реверсивного золотника) и пилотных клапанов K1 и K2.

Реверсивный узел обеспечивает переключение циклов прямого и обратного хода по достижении крайних положений поршня.

Работа клапанов очевидна из приведенной схемы.

При включении насоса первым циклом будет обратный ход плунжера (цикл всасывания).

Минимальное давление срабатывания реверсивного золотника равно 0,8-1 бар, рекомендуемое давление питания реверсивного золотника равно не менее 2 бар.

Ограничения по минимальному давлению срабатывания золотника накладывают определенные ограничения по нижнему пределу давлений равновесия $P2_{min} = P1_{min} \times K$

Ниже давления $P2_{min}$ невозможно достижение равновесного состояния, насос будет «передавливать».

Этот эффект нежелателен в некоторых случаях ступенчатого нагружения в широком диапазоне давлений.

Для этих случаев разработана модификация L – «Модификация низкого давления», разделяющая питание реверсивного золотника и силовой части и снижающая нижний порог давления P1 до 0,2-0,3 бар – давления, необходимого для преодоления трения покоя.

2. Описание основных серий насосов HII

Насосы серии 3L

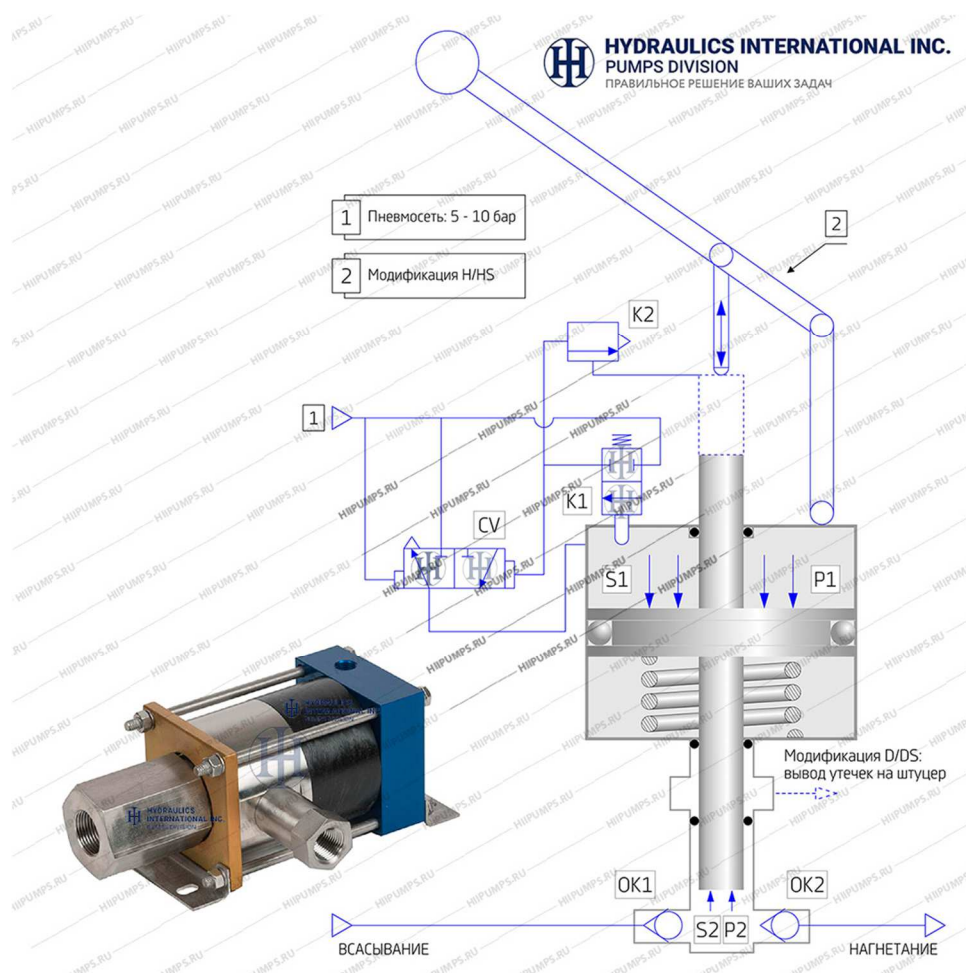


Рисунок 2.1. Пневмогидравлическая схема насосов HII серии 3L

Серия 3L – самая маломощная из всей линейки насосов HII.

Насосы рассчитаны на периодическую работу, испытания изделий малых и сверхмалых объемов, микродозирование реагентов под высоким давлением, привод гидроинструмента с малым ходом низким потреблением рабочей жидкости, а также на работу в режиме насоса-жокера в системах пожаротушения.

В базовой комплектации оснащаются только пневматическим приводом, в модификациях Н или HS – ручным приводом в дополнение к пневматическому. Усилия на рукоятке позволяют работать во всем диапазоне рабочих давлений без перенапряжения.

Характеристики:

- Тип привода: одинарный пневматический 3", ручной (модификации Н/НС).
- Тип гидравлической части: одноплунжерный.
- Диапазон рабочих давлений: 83 – 1034 бар (max 1448¹ бар).
- Диапазон производительностей при непрерывной работе насоса²: 0,05 – 1,3 л/мин.
- Диапазон производительностей кратковременные пиковые нагрузки²: 0,2 – 8 л/мин.

¹ Кратковременная периодическая ненагруженная работа.

² Указан общий диапазон для всех моделей серии. Проконсультируйтесь с нашими специалистами.

Насосы серии 5L-SS

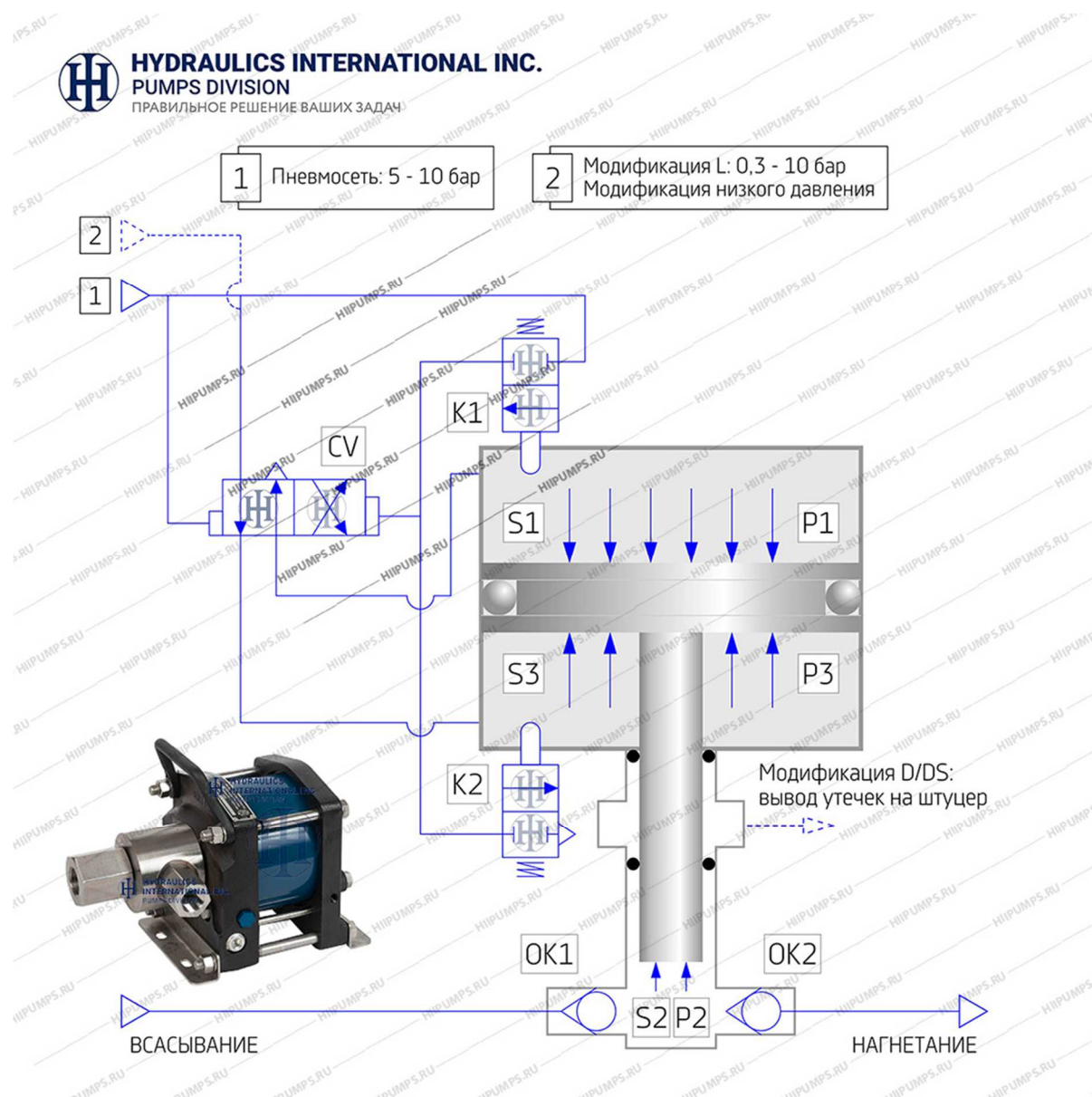


Рисунок 2.2. Пневмогидравлическая схема насосов HI серии 5L-SS

Серия 5L-SS – оптимальное решение для разовых и периодических испытаний изделий в широком диапазоне давлений и заполняемых объемов. Также насосы серии 5L-SS успешно используются для подачи реагентов, гидравлического привода прессов, зажимов.

Насосы рассчитаны на постоянную работу при умеренных нагрузках. Одноплунжерная конструкция характеризуется умеренной неравномерностью потока.

Характеристики:

- Тип привода: одинарный пневматический 5,75".
- Тип гидравлической части: одноплунжерный.
- Диапазон максимальных рабочих давлений: 103 – 4654 бар.
- Диапазон производительностей при непрерывной работе насоса¹: 0,15 – 5,5 л/мин.
- Диапазон производительностей кратковременные пиковые нагрузки¹: 0,5 – 12 л/мин.

¹ Указан общий диапазон для всех моделей серии. Проконсультируйтесь с нашими специалистами.

Насосы серии 5L-SD

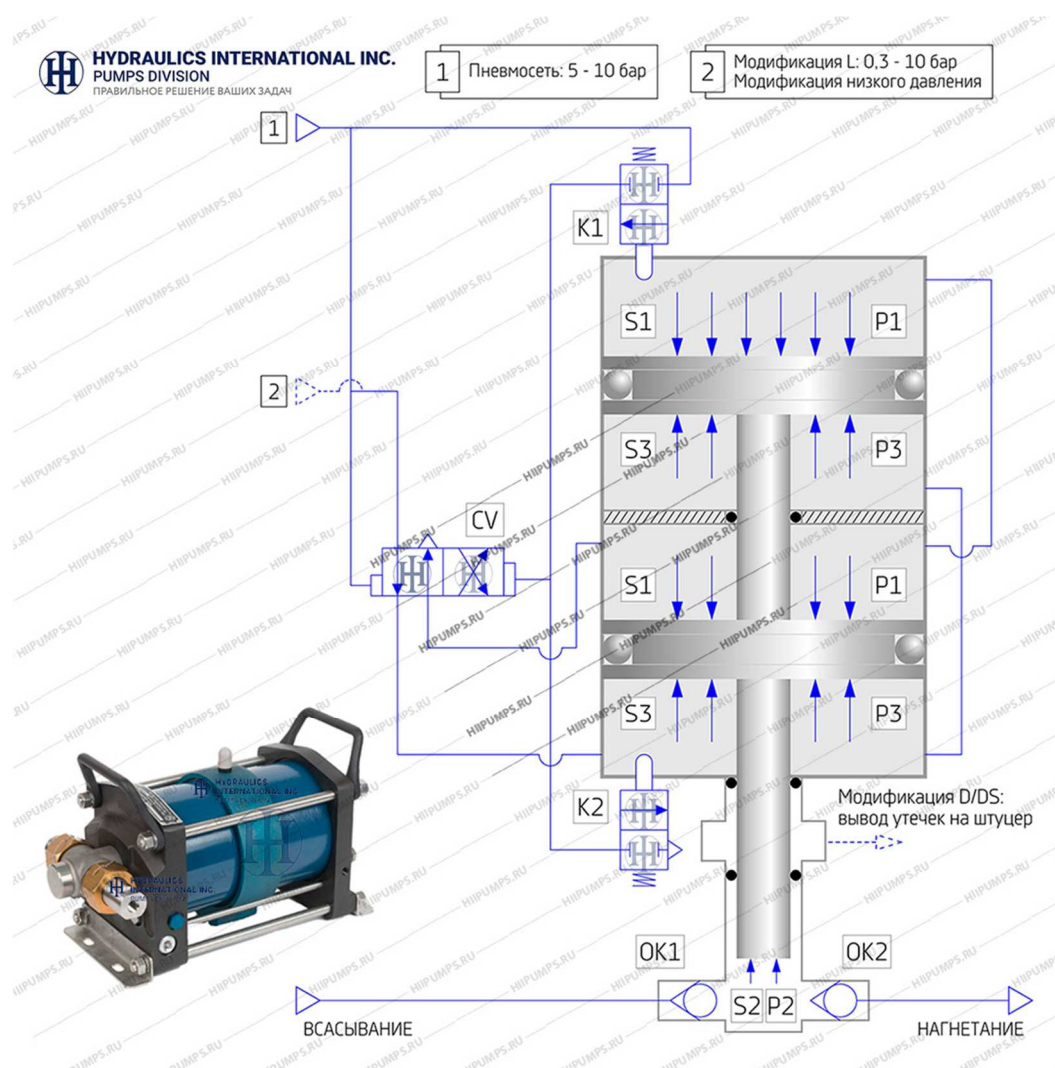


Рисунок 2.3. Пневмогидравлическая схема насосов HI серии 5L-SD

Насосы серии 5L-SD оснащены вдвоенным поршнем пневматического привода и обеспечивают двукратную производительность относительно модели 5L-SS при равных давлениях нагнетания и питания пневматического привода.

Применяются для гидравлических испытаний, привода гидравлического оборудования и арматуры, подачи жидкостей под высоким и сверхвысоким давлением.

Насосы рассчитаны на постоянную работу при умеренных и высоких нагрузках. Одноплунжерная конструкция характеризуется умеренной неравномерностью потока.

Характеристики:

- Тип привода: вдвоенный пневматический 5,75"
- Тип гидравлической части: одноплунжерный
- Диапазон максимальных рабочих давлений: 207 – 5516 бар
- Диапазон производительностей при непрерывной работе насоса¹: 0,2 – 5,5 л/мин
- Диапазон производительностей кратковременные пиковые нагрузки¹: 0,5 – 12 л/мин

¹ Указан общий диапазон для всех моделей серии. Проконсультируйтесь с нашими специалистами.

Насосы серии 5L-DD

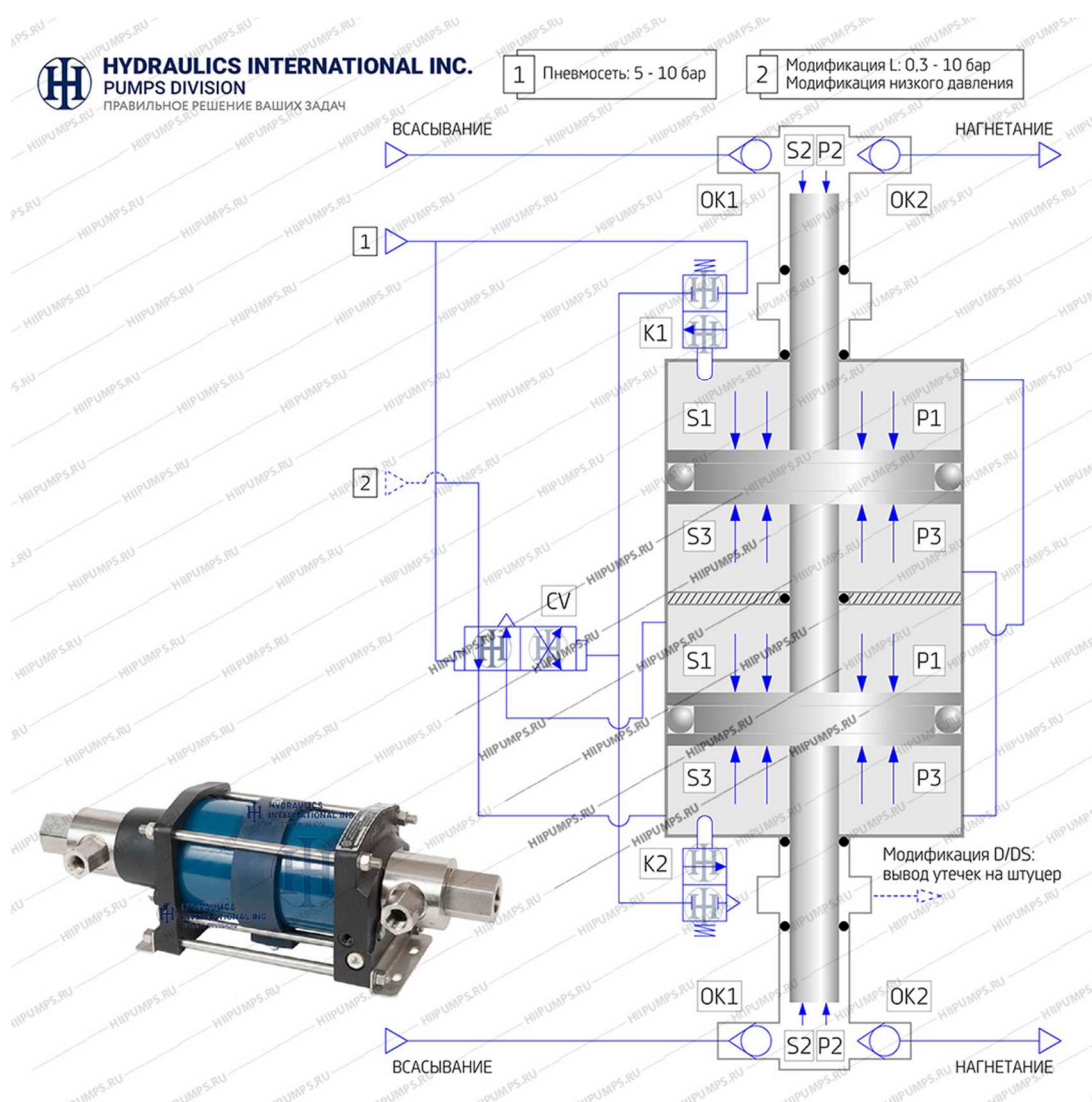


Рисунок 2.4. Пневмогидравлическая схема насосов HIИ серии 5L-DD

Насосы серии 5L-DD оснащены сдвоенным поршнем пневматического привода и двойной гидравлической частью. Это одни из самых производительных насосов из всей линейки насосов HIИ. Насосы рассчитаны на постоянную работу при высоких нагрузках, высокой цикличности.

Двухплунжерная конструкция обеспечивает минимальную неравномерность потока.

Области применения: гидравлические испытания изделий больших объемов, плавное, равномерное нагружение давлением, поддержание давления в системе с высокой точностью, привод гидравлических цилиндров и оборудования с относительно высоким требуемым расходом.

Характеристики:

- Тип привода: сдвоенный пневматический 5,75"
- Тип гидравлической части: двухплунжерный
- Диапазон максимальных рабочих давлений: 207 – 5516 бар
- Диапазон производительностей при непрерывной работе насоса¹: 0,4 – 8,7 л/мин
- Диапазон производительностей кратковременные пиковые нагрузки¹: 1,3 – 30 л/мин

¹ Указан общий диапазон для всех моделей серии. Проконсультируйтесь с нашими специалистами.



3. Электропривод – пневмопривод сравнительные характеристики

Работа объемного насоса с электроприводом

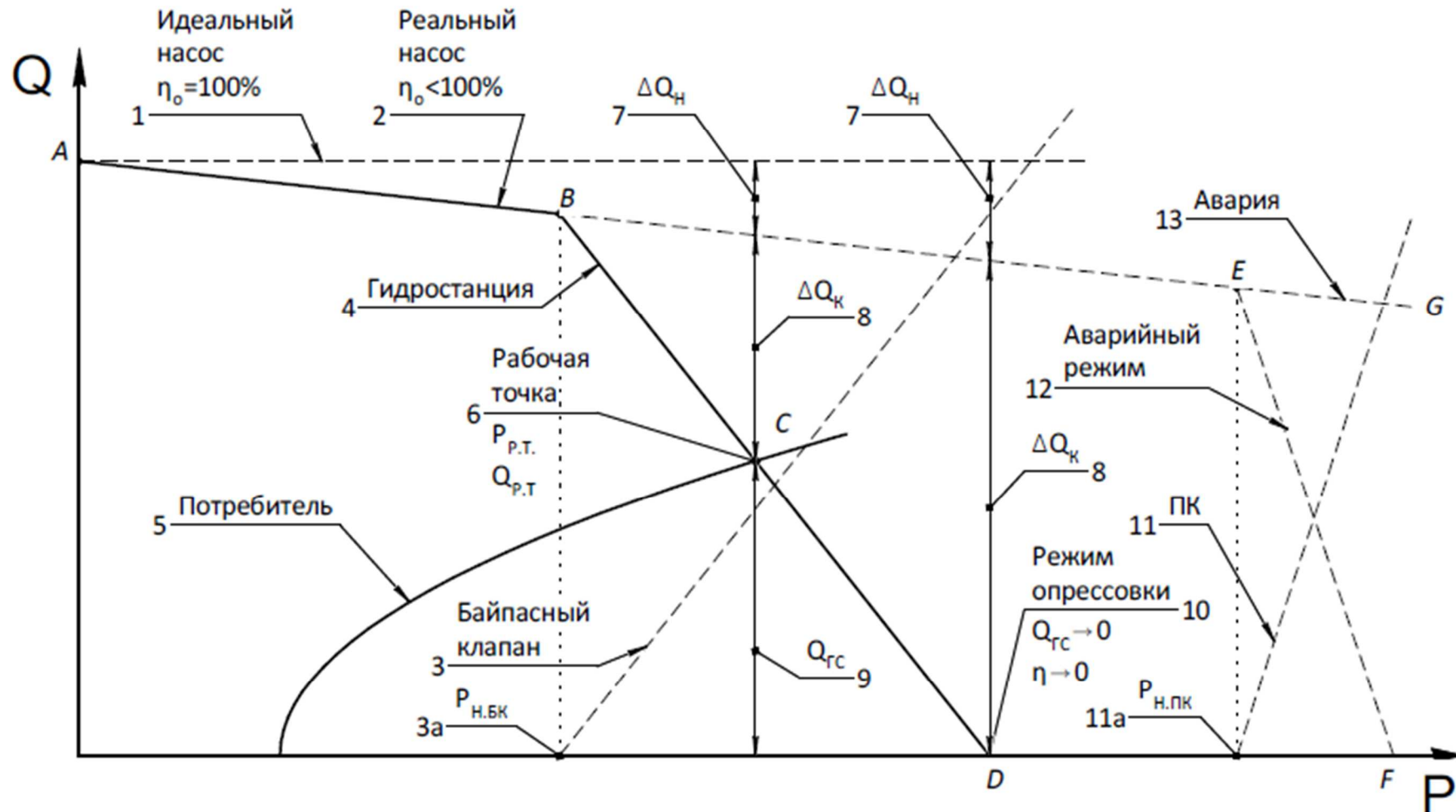


Рисунок 3.1. Рабочие характеристики объемного насоса с электроприводом



Пояснения к рисунку 3.1:

1. Характеристика идеального объемного насоса с электроприводом $\eta_o=100\%$
2. Характеристика реального объемного насоса с электроприводом $\eta_o<100\%$
3. Характеристика перепускного (байпасного) клапана. Давление срабатывания определяется настройкой на заданную рабочую точку. Угол наклона определяется жесткостью пружины клапана.
- 3а. $P_{н.бк.}$ Давление настройки (открытия) байпасного клапана.
4. Характеристика гидростанции в рабочем режиме. Суммарная характеристика работы насоса и предохранительного клапана в режиме байпасирования.
5. Характеристика потребителя, линии нагнетания, питаемой гидросистемы при подаче жидкости в процесс, режиме выхода на давление испытания, рабочем ходе гидроинструмента
6. Точка С. Рабочая точка.

Работа в режимах: подача жидкости в процесс, рабочий ход гидропривода, выход на давление испытания

7. ΔQ_n - объемные потери насоса. Потери переходят в тепловую энергию.

Происходит нагрев и износ гидравлической части насоса.

8. ΔQ_k - расход на байпасном клапане: Потери переходят в тепловую энергию.

Происходит нагрев и износ запирающего элемента перепускного (байпасного) клапана.

9. $Q_{гс}$ - фактическая производительность гидростанции.

10. Точка D. Работа в режиме поддержания давления при опрессовке, статических испытаниях и приводе гидроинструмента. Генерация тепла на запирающем элементе байпасного клапана, износ регулирующего элемента, загрязнение рабочей жидкости.

Вся энергия от электродвигателя переходит в тепловую,

$$Q_{гс} \rightarrow 0; \eta \rightarrow 0;$$

КПД гидростанции стремится к нулю.

11. Характеристика предохранительного клапана, настроенного на давление срабатывания 1,1 - 1,2 от рабочего.

11а. $P_{н.бк.}$ Давление настройки (открытия) предохранительного клапана.

12. Характеристика гидростанции в аварийном режиме при несрабатывании байпасного клапана.

Весь расход, генерируемый насосом, сбрасывается предохранительным клапаном.

13. Аварийный режим. Возможен в случае, когда предохранительный клапан не был предусмотрен в схеме, ошибочно изолирован или вышел из строя. Насос работает в режиме «гидравлическая бомба» до разрыва наименее стойкого элемента системы.

Электропривод – пневмопривод сравнительные характеристики

Основной альтернативой насосам с пневматическим приводом являются широко распространенные насосы с приводом от асинхронного электродвигателя.

Для определения областей применения насосов с пневматическим приводом необходимо изучить различия в работе объемных насосов с электрическим и пневматическим приводом.

Работа объемного насоса с электроприводом – анализ характеристик

Проанализируем рабочие характеристики насоса с электрическим приводом.

Начало работы насоса соответствует точке *A*. ($P=0$; $Q=\max$).

По мере возрастания давления в системе характеристика насоса движется от точки *A* к точке *B*.

В случае идеального объемного насоса (объемные и механические потери равны нулю, скорость электродвигателя неизменна под нагрузкой) характеристика совпала бы с горизонталью (линия 1).

В точке *B* открывается байпасный клапан, предназначенный для регулирования давления и расхода в соответствии с характеристиками «потребителя» – совокупности гидравлических линий, исполнительных механизмов, регулирующей и распределительной арматуры в линии нагнетания.

Метод байпасирования – самый простой и распространенный, позволяет регулировать давление нагнетания в достаточно широком диапазоне.

При этом методе большая часть потока сбрасывается обратно в бак или в дренажную магистраль.

Недостаток этого метода: низкая энергоэффективность и сильный нагрев жидкости, необходимость отводить лишнее тепло с помощью теплообменника.

Для выяснения причин генерации тепла рассмотрим работу гидростанции в точках *C* и *D*.

В точке *C* мы видим, что часть расхода ΔQ_n (а соответственно, и часть гидравлической энергии) теряется на насосе. Это крайне незначительные потери.

Большая часть расхода ΔQ_k должна быть утилизирована методом байпасирования.

Эта энергия переходит в тепловую энергию на регулирующем элементе байпасного клапана.

Точка *D* соответствует режиму поддержания постоянного давления при нулевом потреблении жидкости со стороны гидросистемы. Самый распространенный случай: выдержка изделия под давлением при гидроиспытании. Также актуально для привода гидравлического оборудования и инструмента, работающего при статическом нагружении: гидроцилиндры, прессы, подъемные механизмы, гидроцилиндры и проч.

В этой точке вся гидравлическая энергия (а по сути вся энергия, генерируемая двигателем) должна быть утилизирована. Полезная работа, совершаемая гидростанцией, равна нулю так как $Q=0$.

По сути в этом режиме работы гидростанция выполняет функцию кипятильника с мощностью, указанной на шильдике электродвигателя.

Мощность теплообменника для работы гидростанции в режиме поддержания давления должна быть не меньше мощности приводного двигателя.

В инженерной практике встречаются следующие виды борьбы с нагревом жидкости:

1. Запереть гидростанцию обратным или запорным клапаном, выключать насос по мере достижения давления.
2. Сбрасывать всю жидкость (воду) с линии байпасирования в канализацию, тем самым утилизируя тепло и решая проблему фильтрации отработавшей жидкости для повторного использования.
3. Установка частотного регулятора: описано далее.

Метод частотного регулирования.

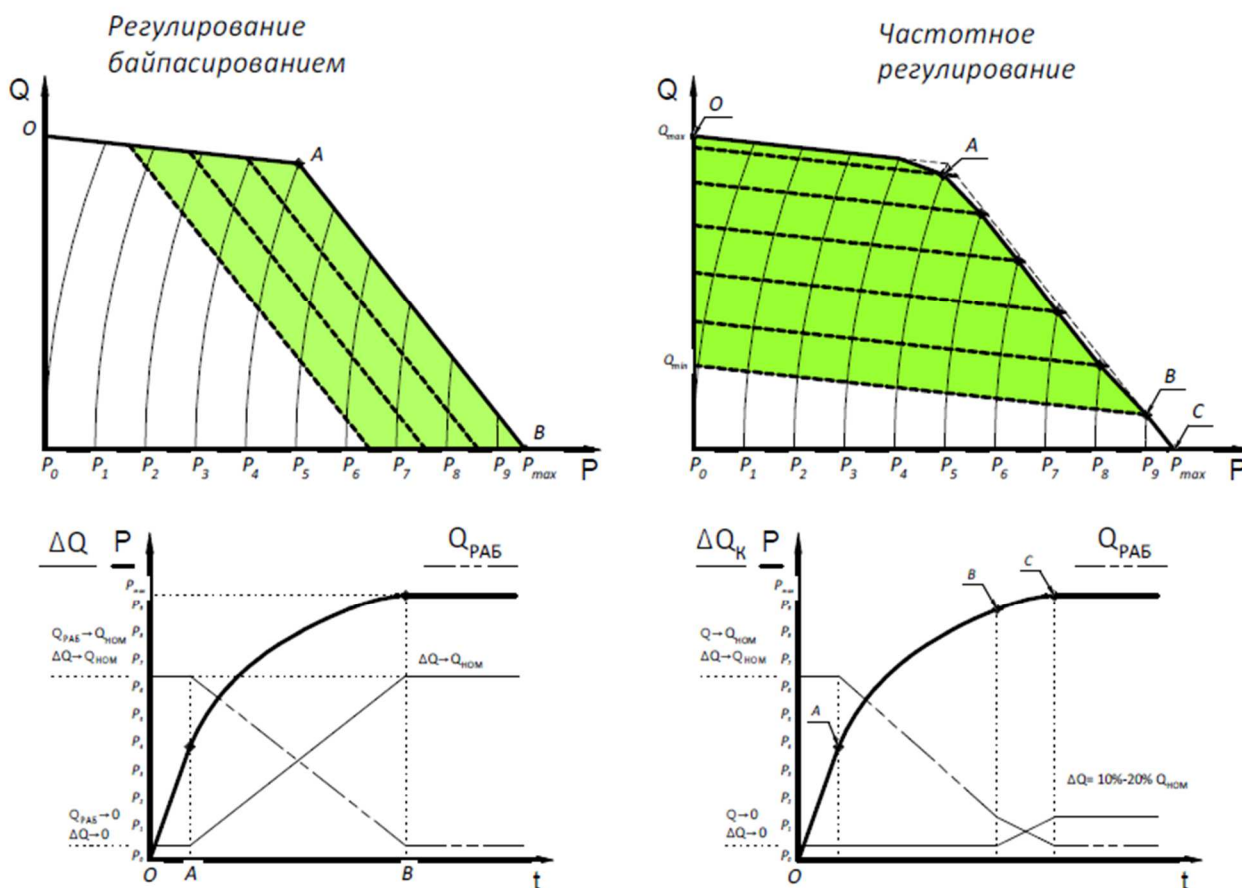


Рисунок 3.2. Сравнение методов регулирования: частотное регулирование, регулирование байпасированием.

Установка частотного регулятора частично решает проблему генерации тепла при расходах, близких к нулевым. Полностью решить проблему этот метод не позволяет по причине ограничений нижнего значения диапазона регулирования скорости вала.

На рисунке 3.2. показаны диапазоны регулирования байпасированием и методом частотного регулирования.

Также показаны режимы работы и потери расхода ΔQ (и соответственной генерации тепла) в процессе работы гидростанции при опрессовке изделия конечного объема.

Как видно из графиков, экономия при частотном регулировании достигается за счет генерирования на валу и последующей утилизации байпасным клапаном значительно меньшей мощности по сравнению с методом байпасирования.

Однако незначительную часть расхода утилизировать все же приходится (не менее 10% от номинального расхода), определяется минимальной скоростью электродвигателя при частотном регулировании.

4. Применение насосов с пневматическим приводом

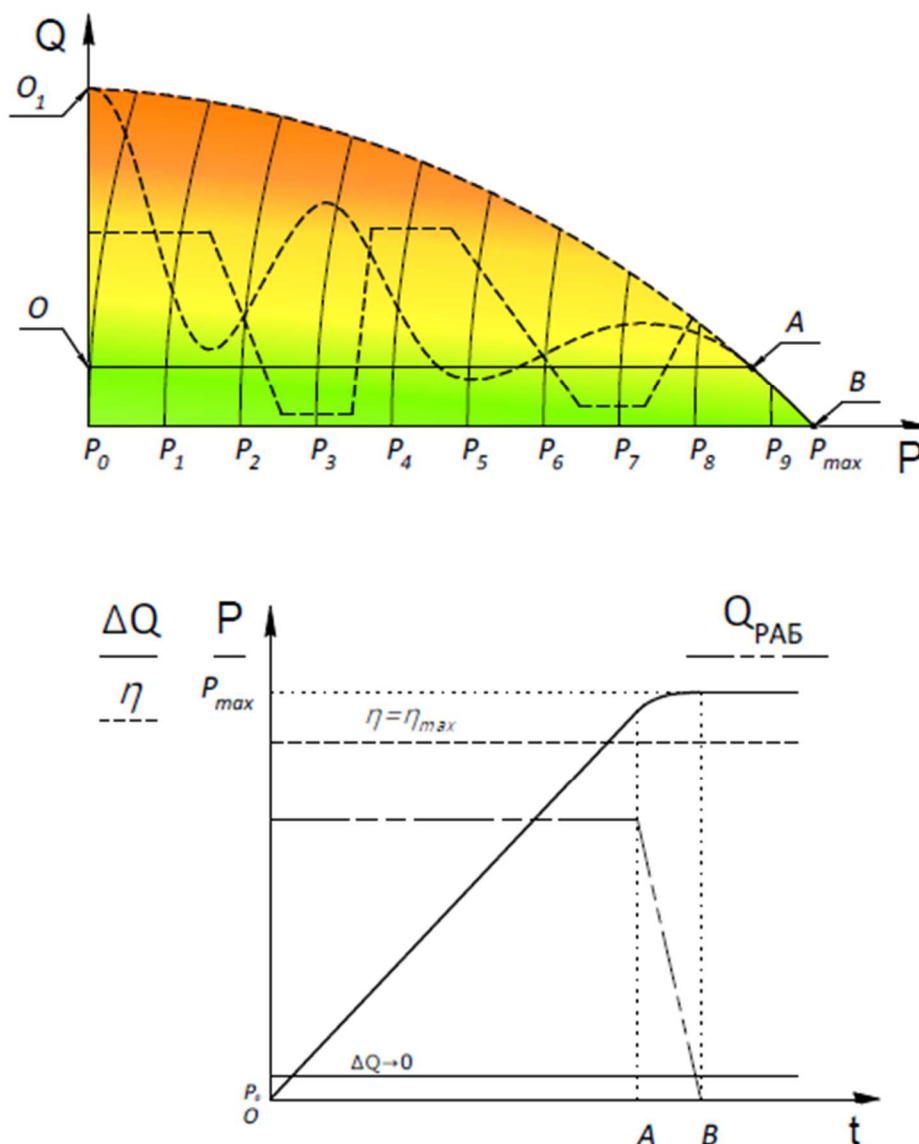


Рисунок 4.1. Характеристики насоса с пневматическим приводом

Наиболее эффективный способ генерирования давления и регулирования потока жидкости под высоким давлением – применение гидравлических насосов с пневматическим приводом.

Пневматический двигатель (поршень) способен работать при скоростях штока вплоть до нулевых. Это позволяет поддерживать давление в системе бесконечно долго без расхода энергии, а главное, без нагрева жидкости.

На верхнем графике рисунка 4.1. показаны характеристики типового насоса с пневматическим приводом.

Цветами выделены зоны режимов эксплуатации насоса:

Зеленая зона – зона минимальных скоростей штока насоса.

Это наиболее благоприятный и эффективный режим эксплуатации насосов с пневматическим приводом.

В этом режиме работы износ уплотнительных элементов минимален.

В эту зону включен режим поддержания давления при нулевых подачах. Это самый благоприятный режим работы для насоса.

Желтая зона – зона повышенных скоростей штока.

В нижней границе этой зоны еще допустима эксплуатация насоса в постоянном режиме работы, но износ уплотнительных элементов уже существенен.

Этот режим допустим при кратковременных нагрузках с последующим переходом в зеленую зону. Например, работа в режиме заполнения системы на высоких скоростях, работа в режиме опрессовки и поддержания давления на низких скоростях.

Красная зона – зона максимальной производительности насоса при стендовых испытаниях насоса.

Для снятия характеристик пневматического насоса на стенде на его пневмопривод подают фактически неограниченное количество воздуха. Фиксируют максимальную производительность насоса в зависимости от давления нагнетания при постоянном давлении в пневмосети.

По окончании цикла испытаний насос подлежит списанию или капитальному ремонту.

Режим работы крайне нежелателен для повседневной эксплуатации. Не существует экономически и технически оправданных условий для эксплуатации насоса в этом режиме.

На нижнем графике рисунка 4.1. показана работа насоса в режиме опрессовки изделия конечного объема.

На графике характеристик насоса видно, что нагнетание давления происходит по кривой ОА, а не О₁А.

По достижении границы характеристики, кривой АВ, насос продолжает работать по ней.

Это является нормальным и правильным методом эксплуатации насосов с пневматическим приводом.

Работа на границе характеристики при высоких давлениях нагнетания не приносит вреда насосу и является допустимым режимом эксплуатации.

Как показано на графике пунктирными линиями, насос может работать по любой кривой внутри всего диапазона характеристик, если это требуется при эксплуатации насоса.

Это может быть достигнуто как за счет элементарной регулировки расхода и давления воздуха в пневмосети, так и с применением систем автоматизированного управления.

На графике режима работы насоса видно, что все показатели, характеризующие энергоэффективность насоса, (КПД $\eta \rightarrow \eta_{max}$, утечки $\Delta Q=0$) стабильны во всем диапазоне работы насоса.

В гидроустановках на базе насосов с пневмоприводом не устанавливаются байпасные клапаны и теплообменники за их ненужностью.

Зачастую даже не требуется установка предохранительных клапанов, так как пневматический насос с мягкой характеристикой физически не способен выдать давление выше расчетного. Это существенное отличие пневматических насосов от электрических, которые по сути являются «гидравлическими бомбами», способными создать давление, многократно превышающее паспортные значения.

Методы подбора пневматических насосов при замене электрических.

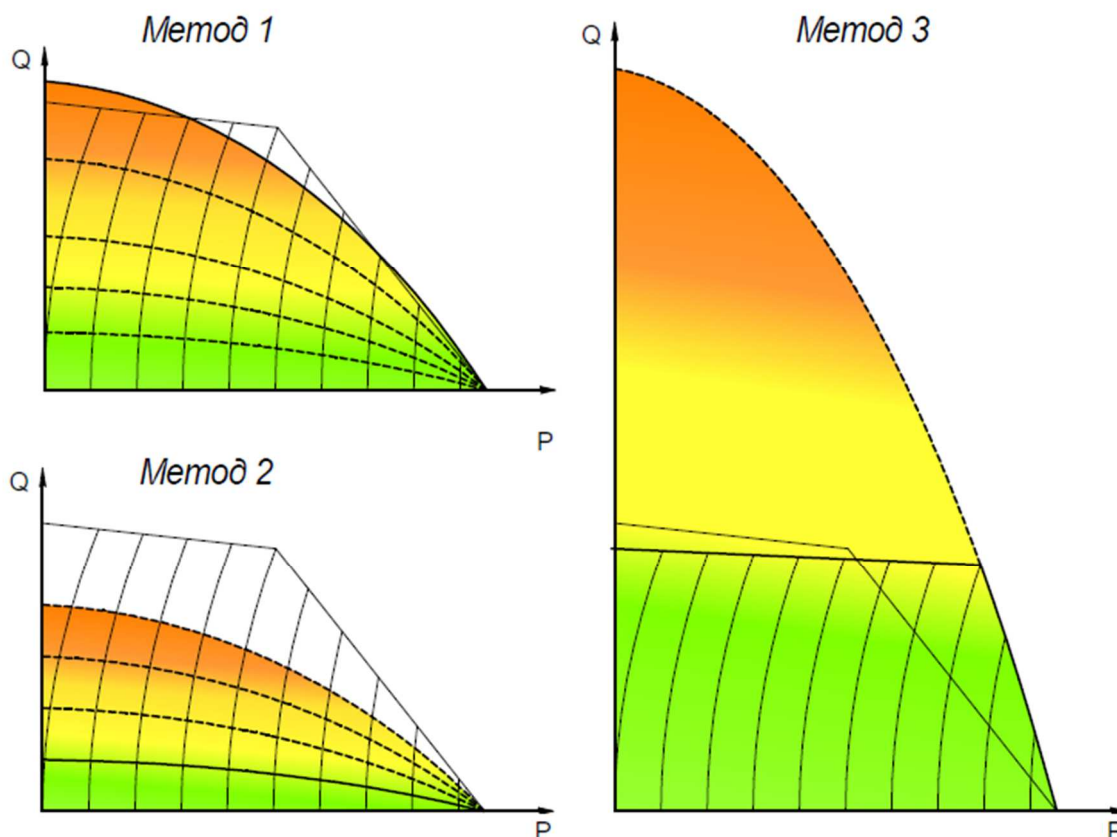


Рисунок 4.2. Методы подбора пневматических насосов при замене электрических

На рисунке 4.2. показаны основные методы подбора пневматических насосов при замене электрических.

Прежде чем рассматривать предложенные методы вернемся к рисунку 3.2. и рассмотрим режимы работы электрических насосов подробнее.

В обоих режимах работы кривая ОА соответствует режиму работы насоса при максимальном расходе до начала работы средств регулирования расхода (до открытия байпасного клапана).

Как видно из графиков, это очень кратковременный промежуток времени. В подавляющем большинстве случаев инженерной практики он составляет не более одной минуты. Чаще всего он составляет секунды, иногда доли секунд.

Зачастую оператор никогда не работает на закрытом байпасном клапане и не имеет реального представления о фактической производительности установки.

Установка изначально подбирается с учетом перепуска байпасным клапаном и является переразмеренной относительно задачи.

В инженерной практике, как правило, переразмеривание составляет не менее 5-10 раз от фактической потребности. Иногда встречаются случаи переразмеривания в сотни и более раз.

При подборе пневматического аналога зачастую реализуется правило: фактическим потребностям потребителя соответствует пневматический насос с фактической производительностью в 10 раз меньшей запрошенного электрического аналога.

Исключением являются случаи, когда насос с электрическим приводом будет стабильно работать и без байпасного клапана: при испытании изделий больших объемов, при подаче жидкости на форсунки, питании

высокорасходных гидравлических машин и механизмов, при гидравлической мойке, резке проч. В этом случае замена электрического насоса на пневматический аналог экономически не оправдана.

МЕТОД 1 (рис. 4.2.):

Характеристики пневматического насоса формально соответствуют паспортным значениям заменяемого электрического насоса.

Правильное применение:

Фактический режим работы пневматического насоса должен проходить в зеленой зоне. Фактическая производительность насоса будет значительно ниже паспортных значений заменяемой установки.

Как правило, в этом режиме производительность пневматического насоса будет соответствовать усредненной производительности электрической установки с учетом потерь на байпасном клапане.

Неправильное применение:

Эксплуатация насоса в красной зоне, формально соответствующей номинальным характеристикам.

Пневматический насос недоразмерен по производительности относительно задачи и потребностей заказчика.

МЕТОД 2 (рис. 4.2.):

Рабочие характеристики пневматического насоса значительно ниже паспортных значений заменяемого электрического насоса.

Метод оптимален при замене существенно переразмеренных гидростанций с электроприводом.

В этом случае пневматический насос подбирается под фактические потребности заказчика без учета характеристик заменяемой гидростанции (не менее 80% случаев инженерной практики).

Зачастую под замену электрических гидростанций высокой производительности применяется комбинация из насоса низкого давления высокой производительности для обеспечения первичного заполнения изделия или гидравлической линии и насоса высокого давления низкой производительности.

МЕТОД 3 (рис. 4.2.):

Фактические рекомендуемые производительности пневматического насоса полностью перекрывают паспортные характеристики заменяемого электрического насоса.

Правильное применение:

Высокие значения производительности определяются фактическими потребностями гидравлической линии и заказчика. Примеры: циклические испытания, испытания изделий большого объема, гидравлическая резка, мойка, питание высокорасходных гидравлических машин и механизмов, инъекция, дозирование.

Замена гидростанций с электрическим приводом на насосные станции с пневматическим приводом целесообразна только в случаях существенных ограничений для применения объемных машин с электроприводом: пожаро- и взрывоопасная среда, перекачиваемая жидкость, сверхвысокие давления, агрессивные жидкости и др.

В некоторых случаях оптимальной является комбинация насосов с электрическим и пневматическим приводом.

Неправильное применение:

Формальный подбор пневматического насоса под номинальные характеристики заменяемой гидростанции.

Примеры применения насосов с пневматическим приводом

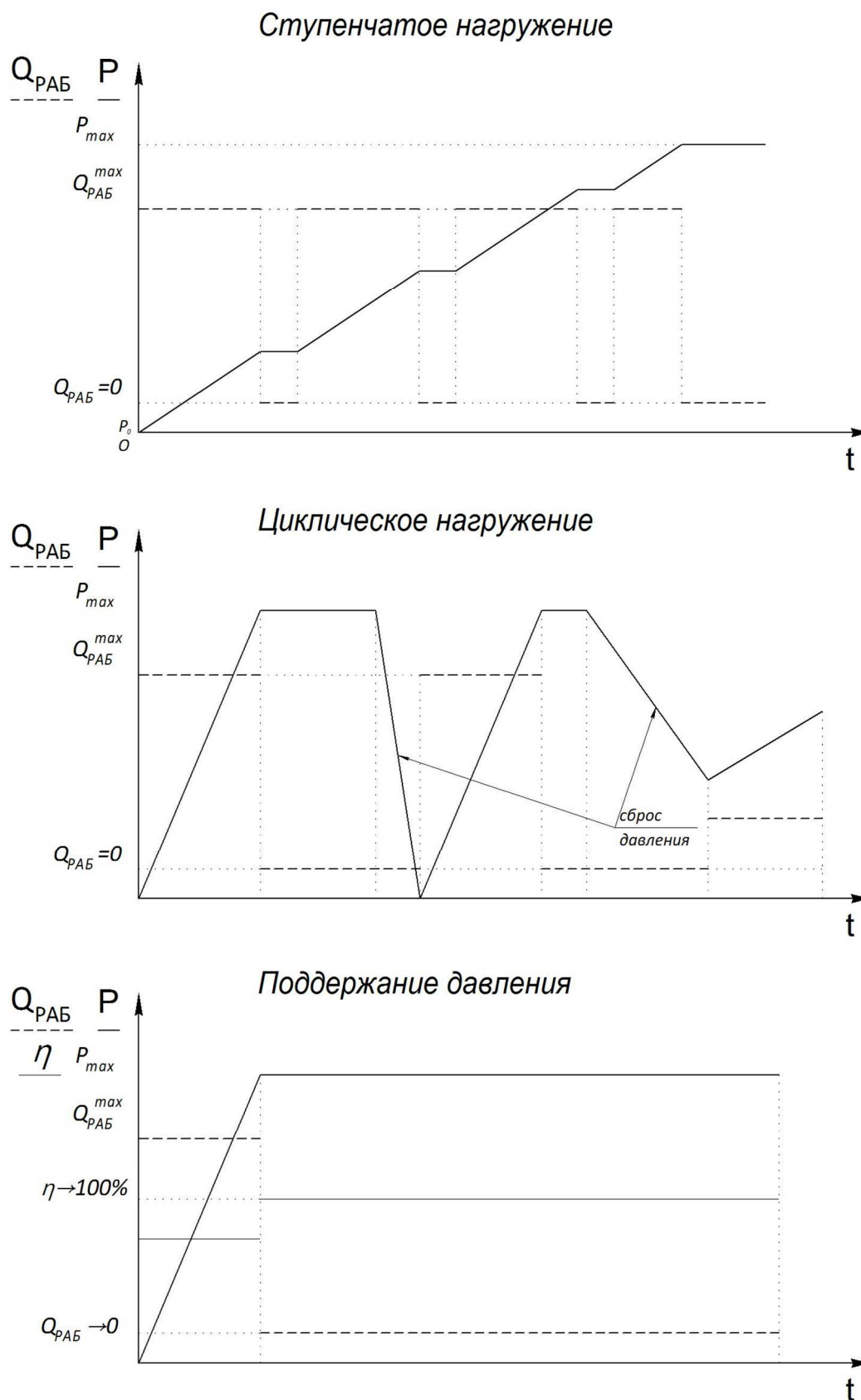


Рисунок 4.3. Примеры применения насосов с пневматическим приводом

Ступенчатое нагружение (рис. 4.3.)

Задачи ступенчатого нагружения линии высокого давления широко распространены при гидравлических испытаниях изделий и трубопроводов. Также часто применяется для гидравлического привода прессов, зажимов, захватов и прочего инструмента, где требуется обеспечение заданного статического усилия.

Выдержка под давлением может быть организована следующим образом:

1. При включенном пневматическом приводе $Q \rightarrow 0$: насос подпитывает систему, компенсируя падение давления как результат утечек, увеличения объема изделия под давлением и проч.

Давление в линии нагнетания однозначно определяется давлением в пневмосети и коэффициентом мультипликации насоса.

Нагрев жидкости нулевой, КПД насоса максимальное, потребление воздуха и соответственно энергии близко к нулю.

2. При выключенном пневматическом приводе $Q=0$: пневмопривод отключен, изделие изолировано, давление до изделия сброшено.

Метод позволяет контролировать герметичность системы по падению давления когда другие методы контроля недоступны (наличие внутренних утечек между полостями изделия, невозможность визуального контроля изделия).

Пневматический привод позволяет неограниченно частые включения и выключения, что позволяет произвести испытания с любым требуемым количеством ступеней.

Циклическое нагружение (рис. 4.3.)

Циклическое нагружение может быть реализовано со ступенями выдержки под давлением и без них.

Сброс давления производится внешней арматурой при выключенном пневматическом приводе насоса.

Сброс может быть организован до атмосферного давления («нуля») или до требуемого давления сброса выше атмосферного. Проконсультируйтесь с нашими специалистами.

Решаемые задачи: циклические испытания изделий, статические испытания при массовом производстве, привод гидравлического оборудования низкой производительности, работающего в режиме циклических нагрузок (кузнечное оборудование).

Поддержание давления (рис. 4.3.)

Пневматический привод насоса позволяет бесконечно долго поддерживать давление в системе с минимальным, близким к нулю, потреблением энергии, без нагрева жидкости.

Насос находится в постоянно включенном состоянии в режиме слежения по давлению. При этом насос совершает работу, близкую к нулю, и не нагревает жидкость.

Решаемые задачи: питание систем пожаротушения, работа в режиме насос-жокей, питание гидравлического привода арматуры, в том числе арматуры морской подводной установки, питание автоклавов, прессов для обеспечения постоянной длительной нагрузки.

5. Неравномерность потока

Одним из важнейших вопросов является неравномерность потока.

Для насосов с электроприводом характерна пилообразная кривая, определяемая частотой вращения вала и типом насоса.

Насосы с пневматическим приводом также характеризуются определенной неравномерностью потока.

Так как скорости плунжера пневматических насосов в десятки и даже сотни раз ниже, чем электрических, характер неравномерности и воздействие на гидросистему существенно различается.

Неравномерность потока, генерируемого пневматическим насосом, обусловлена отсутствием подпитки линии нагнетания на цикле всасывания.

При работе насоса на замкнутый объем в режиме подъема давления кривая давления примет ступенчатый вид. Горизонталь будет соответствовать цикл всасывания.

В режиме поддержания давления на горизонтальной кривой давления могут наблюдаться «ямки», соответствующие падению давления за счет утечек за время цикла всасывания (обычно менее секунды).

Надо понимать, что в процессе опрессовки изделий высокой герметичности, насос может работать в режиме один цикл в минуту, час, день, неделю.

При работе на постоянный расход (питание форсунок, промывка, дозирование, инъекция и проч.) просадка по давлению может оказаться значительной. Применение двухплунжерного насоса значительно снижает этот эффект.

Двухплунжерные решения не являются панацеей – в некоторых случаях могут применяться более эффективные, простые и дешевые решения. В каждом случае решение подбирается индивидуально под задачу.