

ТЕМА: «НАСОСНЫЕ УСТАНОВКИ И ВОДОПЕННЫЕ КОММУНИКАЦИИ ПА»

1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В пожарной технике широко используются различные насосы и аппараты для перекачивания жидкостей и газов.

Насосы – устройства для перекачивания капельной жидкости в результате сообщения ей внешней энергии (потенциальной и кинетической). Они приводятся в действие от двигателей.

Аппараты (струйные насосы) приводятся в действие, используя энергию движущейся жидкости или газа.

По принципу действия и конструктивному устройству насосы делятся на три группы:

А. Объемные насосы.

Б. Струйные насосы.

В. Лопастные насосы (центробежные, осевые, вихревые).

Независимо от принципа действия насосов и конструктивного исполнения в них различают два процесса: всасывание и нагнетание.

2. ОБЪЕМНЫЕ НАСОСЫ

Объемные насосы – насосы, в которых перемещение жидкости (или газа) осуществляется в результате периодического изменения объема рабочей камеры.

2.1. Поршневые насосы

В поршневых насосах рабочий орган (поршень) совершает в цилиндре возвратно-поступательное движение, сообщая перекачиваемой жидкости энергию (рис.1).

Подача насоса Q определяется

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \cdot S \cdot n, \text{ м}^3/\text{с} \quad (1)$$

где :

d - диаметр поршня, м;

S - ход поршня, м;

n - частота перемещения поршня, с.

Достоинства насосов: возможность перекачивать различные жидкости, создают большие напоры (до 15 МПа), хорошая всасывающая способность (до 7 м), высокий КПД $\eta = 0,75 \dots 0,85$.

Недостатки насосов: тихоходность, большая масса, неравномерность подачи (рис.1), невозможно регулировать подачу.

Область применения: заполнение огнетушителей, баллонов, испытание баллонов и т.д.

В гидравлических системах автолестниц и коленчатых подъемников используются аксиально-поршневые насосы (рис.2).

Несколько поршневых насосов 2 размещены в одном барабане 3, вращающемся на распределительном диске 1. Штоки поршней 4 шарнирно закреплены на диске, вращающемся на оси 5. При вращении вала 6 поршни перемещаются в осевом направлении и одновременно вращаются с барабанами.

В распределительном диске выполнены два серповидные окна 7. Одно из них соединено с масляным баком, а второе – с магистралью системы, в которую подается масло.

За один оборот вала барабана каждый поршень совершает ход вперед и назад (всасывание и нагнетание).

Подача насоса определяется по формуле

$$Q = 0,785 D_6 \cdot d^2 \cdot i \cdot n \cdot \text{tgj} \quad (2)$$

где :

D_6 - диаметр барабана, м;

d - диаметр поршня, м;

i - число поршней;

n - скорость об/мин.

Насосы могут развивать давление 40...50 МПа и $n = 1000...3000$ об/мин; их КПД $\eta = 0,05...0,9$.

В системах АЛ и КП они применяются как гидромоторы, так и как гидронасосы.

2.2. Шестеренчатые насосы

Шестерни расположены в одном корпусе (рис.3). Жидкость переносится впадинами между зубьями шестерен. Подача определяется по формуле

$$Q = \frac{\pi (R^2 - r^2)}{60} \cdot n \cdot b \cdot \eta, \text{ см}^3/\text{с} \quad (3)$$

где:

n - число оборотов, об/мин;

b - ширина шестерен, см;

η - КПД насоса – 0,75...0,8.

Достоинства насоса: компактность, равномерность подачи, высокий КПД, развивают напор до 100 м, самовсасывающий. Может обеспечивать подачу до 700 л/мин.

Недостатки насоса: сложность изготовления (опоры и уплотнения).

Область применения: в системах гидроуправления, на автоцистернах (АЦ-30(3307)).

2.3. Пластинчатый (шиберный) насос

В гильзе 1 (рис.4), запрессованной в корпус эксцентрично закреплен ротор 2. В каналах ротора находятся пластины 3. При вращении ротора они под влиянием центробежной силы прижимаются к поверхности гильзы, образуя замкнутые, изменяющиеся (при вращении ротора) объемы. При увеличении объема (например, «а») будет осуществляться всасывание воздуха или жидкости. При его уменьшении – нагнетание.

Достоинства насоса: равномерная подача жидкости, развивает давление 16...18 МПа, КПД $\eta = 0,8$, обеспечивает глубину всасывания до 7 м.

Недостатки насоса: возможен большой абразивный износ пластин, необходима непрерывная подача смазки.

Область применения: используется в качестве вакуумного насоса на пожарных центробежных насосах.

2.4. Водокольцевой насос

Принципиальное отличие этого насоса от пластинчатого состоит в том, что пластины закреплены на роторе насоса (рис.4а).

Вода под действием центробежных сил отбрасывается к стенке корпуса, образуя водяное кольцо и рабочую камеру насоса (свободное от воды пространство внутри кольца). Газ откачивается в результате изменения объема каждой из ячеек между лопастями ротора.

Достоинства насоса: обеспечивает всасывание воды с глубин до 7 м.

Недостатки насоса: низкий КПД ($\eta = 0,2...0,27$), требуется предварительная заливка насоса водой.

Область применения: применяется не некоторых ПА за рубежом в качестве вакуумных насосов.

3. СТРУЙНЫЕ НАСОСЫ

Струйные насосы – это насосы, действие которых основано на увлечение откачиваемой жидкости (или газа) струей жидкости или газа.

В пожарной технике применяют два типа струйных насосов: жидкоструйный и газоструйный.

Представителями жидкоструйных насосов являются гидроэлеваторы и пеносмесители. Гидроэлеваторы предназначены для обеспечения забора воды с больших глубин или при небольшой глубине с больших расстояний. Рабочей жидкостью в них является воды, подаваемая к гидроэлеватору от пожарного насоса автоцистерны.

Пеносмесители предназначены для подвода пенообразователя из пенобака пожарных автоцистерн в центробежный насос.

Представителем газоструйных насосов являются насосы газоструйных вакуумных аппаратов, устанавливаемые на пожарных насосах автоцистерн.

В них рабочим газом являются отработавшие газы двигателя, эжектируемым газом является воздух, отсасываемый из пожарных насосов для заполнения их водой.

Достоинство насосов: простота конструкции, отсутствие движущихся частей, малые габариты.

Недостатки насосов: низкий КПД (10...25%), при увеличении сопротивления отказывают в работе.

Схема газоструйного насоса представлена на рис.5. В корпус 1 запрессовано сопло Лаваля 2.

4. ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ НАСОСЫ (ЦН)

На пожарных автоцистернах устанавливаются центробежные насосы двух типов: пожарные насосы ПН и пожарные центробежные насосы ПЦН. Различие этих насосов обусловлено использованием в ПЦН уплотнений нового типа и наличием элементов автоматического управления.

Принципиальная схема пожарного насоса показана на рис.6. В корпусе 1 насоса на подшипниках 2 установлен вал, на котором закреплено рабочее колесо 5 насоса. Корпус закрыт крышкой 4 с закрепленным на ней подводом 6. Внутренняя полость насоса изолирована от внешней среды комплектом из 3-4 манжет 3. Корпус насоса диффузором 7 соединен с коллектором 8.

На нем размещены напорные 9 и винтовая задвижка 10 для соединения с рукавными линиями и цистерной и в вакуумный кран 11.

В рабочем колесе насоса 5 перемещение поступающей в насос жидкости происходит под действием центробежных сил, возникающих при его вращении. Преобразование кинетической энергии жидкости в потенциальную, т.е. повышение давления жидкости при уменьшении ее скорости, происходит в расширяющейся части корпуса (диффузоре) 7.

4.1. Рабочие колеса

Лопатки рабочих колес двоякой кривизны размещены между двумя покрывающими дисками: задним 1 и передним 2 (рис.7).

Пространство между колесом и корпусными деталями при работе насоса заполняется водой под давлением. Вследствие различия размеров дисков колес образуется неуравновешенная осевая сила.

Величину осевой силы определяют по формуле

$$F = 0,6 \cdot P \cdot \pi (R_1^2 - R_v^2) \quad (4)$$

где:

F - осевая сила, Н;

P - давление воды, Н/м²;

R₁ - радиус входного отверстия, м;

R_v - радиус вала, м.

Осевая сила действует на колесо, перемещая его в направлении всасывания. Для уменьшения ее влияния один из подшипников вала насоса закреплен в осевом направлении.

Под влиянием разности давления жидкости на входе в колесо и выходе из него часть воды циркулирует в насосе. Для ее уменьшения и уменьшения осевой силы, действующей на колесо, предусмотрено отверстие в заднем диске и щелевые уплотнения.

4.2. Коллектор насоса

Коллектор 8 на рис.6 крепится на выходной стороне диффузора. Он обеспечивает распределение поступающей из насоса воды потребителям: в рукавные линии, цистерну, к лафетному стволу. Для регулирования направления подачи воды на коллекторах насосов ПН установлены по 2 напорные задвижки (рис.8).

При вывернутом штоке под напором воды задвижка открывается и вода поступает в напорную линию. В случае прекращения подачи воды стволами в рукавных линиях, проложенных на высоты, под давлением воды задвижке предотвратить ее поступление в насос. Если бы ее не было, вода, подаваемая из насоса, могла бы повредить рукава.

На насосах ПЦН напорные задвижки заменены винтовыми задвижками или шаровыми кранами. Для предотвращения поступления воды из рукавных линий в обратном направлении к коллектору 1 установлены подающие (обратные) клапаны (рис.9).

При отсутствии (или прекращении) подачи воды в рукавные линии клапан 2 перекроет отверстие в коллекторе. На оси клапана имеется магнит 3. В нижнем положении клапана он включает замыкатель 4. На пульте управления загорится сигнал «Подачи нет».

При возобновлении подачи воды под ее напором клапан будет подниматься, освобождая путь воде.

На коллекторах насосов ПН размещаются вакуумные краны, пеносмесители, датчики манометров.

На коллекторах насосов ПЦН установлены элементы автоматического управления подачей пены и забора воды.

4.3. Внутренние уплотнения

Они, как уже указывалось, предназначены для уменьшения циркуляции воды в насосе и, следовательно, гидравлических потерь.

В современных пожарных насосах применяются два типа уплотнений.

Щелевые уплотнения. Их основу (рис.10) составляют металлические кольца (бронза и чугун), размещенные на дисках колес и корпусных деталях. Кольца установлены так, что между ними имеется зазор, равный 0,2...0,3 мм. Этот зазор увеличивает сопротивление перетекающей жидкости.

Недостатком этих уплотнений является то, что через образованную кольцами щель, часть воды поступает во всасывающую полость насоса. Ее количество увеличивается при изнашивании колец под влиянием перетекающей жидкости.

Кроме того, вода вытекает через щель в направлении перпендикулярном потоку всасывания. Это увеличивает потери при всасывании.

Торцовые уплотнения. Уплотнения осуществляются двумя кольцами 1 (рис.11). Эти кольца изготовлены из силицированного графита. Этот материал характеризуется высокой износостойкостью и смазывается водой. Для поступления воды в плоскость соприкосновения торцовых поверхностей на них сделаны неглубокие (до десятых долей мм) радиальные насечки. По образовавшимся каналам вода поступает в зоны контакта и охлаждает их.

Кольца прижимаются пружинами, расположенными по периметру внешнего кольца.

Применение торцовых уплотнений исключает циркуляцию воды в насосах на протяжении всего срока их службы.

4.4. Герметизация насоса от внешней среды.

Эффективность работы насосов во многом определяется герметизацией их внутренних полостей от внешней среды.

Герметизация обеспечивается уплотнением соединяемых корпусных деталей, плотностью прилегания клапанов и задвижек к гнездам и, наконец, к уплотнениям вращающегося вала насоса.

Соединения корпусных деталей уплотняются резиновыми прокладками. Резиновые прокладки служат уплотнением клапанов и задвижек.

Наиболее сложным является уплотнение вала. Оно обеспечивается серией (3...4 штук) резиновых уплотнительных манжет. Их размещение показано на рис.12. Правая манжета обеспечивает создание вакуума в насосе, остальные – предотвращают вытекание воды из насоса.

На насосах ПЦН манжетные уплотнения заменены торцовыми уплотнениями из силицированного графита.

5. КЛАССИФИКАЦИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

5.1. Классификация насосов.

Центробежные насосы классифицируют по различным признакам. В пожарной охране принята классификация по числу рабочих колес и развиваемому напору.

По числу рабочих колес насосы разделяют на одноступенчатые, двух-, трех- и четырехступенчатые (рис. 13). В двух- и четырехступенчатых насосах для уравнивания осевых усилий принято использовать встречное расположение рабочего колеса.

Основными параметрами, характеризующими работу насосов, являются:

подача насоса Q л/с, напор, развиваемый насосом H , м. Величины Q и H задают при постоянных высоте всасывания $h_{вс}$, м и скорости вращения вала насоса n об/мин. Указывается также максимальная высота всасывания h_{max} , м.

По величинам развиваемых напоров насосы классифицируются так:

насосы низкого давления, до $H \leq 100$ м;

насосы высокого давления до $H > 100$ м;

насосы комбинированные – двухступенчатые, одна ступень низкого давления, вторая – высокого давления.

Обозначение насосов. В настоящее время применяются насосы двух типов:

А) ПН – пожарные насосы низкого давления с подачей 30,40,60 и 110 л/с.

Например: ПН-40УВ – означает – насос низкого давления, подача 40 л/с при $n = 2700$ об/мин и $h_{вс} = 3,5$ м; максимальная глубина всасывания 7 м; буква «У» – насос универсальный, «В» – означает конструктивные особенности.

Пожарные насосы с $Q = 40$ л/с устанавливают на пожарных автоцистернах, с $Q = 60$ л/с на пожарных аэродромных автомобилях и с $Q = 110$ л/с – на пожарных напорных станциях.

На насосах этого типа для герметизации используются щелевые уплотнения и резина вне манжеты.

Б) ПЦН – пожарные центробежные насосы – уплотняются только уплотнениями торцового типа.

Примеры обозначений.

ПЦНН – 40/100 – насос низкого давления, подача $Q = 40$ л/с, напор -100 м при $n = 2700$ об/мин $h_{вс} = 3,5$ м. Насос идентичен ПН-40У.

ПЦНВ – 20/200 – насос высокого давления, $Q = 20$ л/с, $H = 200$ м при $n = 2700$ об/мин и $h_{вс} = 3,5$ м, $h_{max} = 7$ м. Насос трехступенчатый с тремя колесами, расположенными на одном валу.

ПЦНВ – 4/400 – (рис.13а) – насос высокого давления, $Q = 4$ л/с, $H = 400$ м при $n = 6400$ об/мин. Насос работает только при заборе воды из цистерны пожарного автомобиля или от пожарной водопроводной сети.

ПЦНК-40/100 – 4/400 – насос комбинированный. Первая ступень идентична ПЦНН, вторая – двухступенчатый насос, работающий при $n = 6400$ об/мин (рис.13б).

Рабочие колеса на этих насосах разделены направляющими аппаратами.