

Топливные насосы высокого давления (ТНВД). Назначение, классификация, устройство, принцип действия.

Назначение.

Топливные насосы высокого давления (ТНВД) предназначены для подачи в цилиндры дизеля под определенным давлением и в определенный момент цикла, точно отмеренных порций топлива, соответствующих данной нагрузке приложенной к коленчатому валу двигателя.

Классификация.

В зависимости от конструкции ТНВД подразделяются на насосы **золотниково**го типа и **клапанного** типа. ТНВД может включать один или 2 плунжера и быть предназначенным для подачи топлива к одному цилиндру или состоять из нескольких плунжеров и подавать топливо к нескольким цилиндрам. В последнем случае ТНВД называются насосами **блочного** типа. По способу регулирования количества подаваемого топлива насосы как золотниково, так и клапанного типа подразделяются на насосы с регулировкой **по концу подачи, по началу подачи и по концу и началу подачи.**

Устройство.

Основной частью ТНВД является плунжерная пара, состоящая из плунжера и втулки. Плунжерная пара является прецизионной, т.е. плунжер и втулки точно подогнаны друг к другу и могут работать только друг с другом. Плунжер насоса клапанного типа 13 (Рис.1) имеет простую цилиндрическую

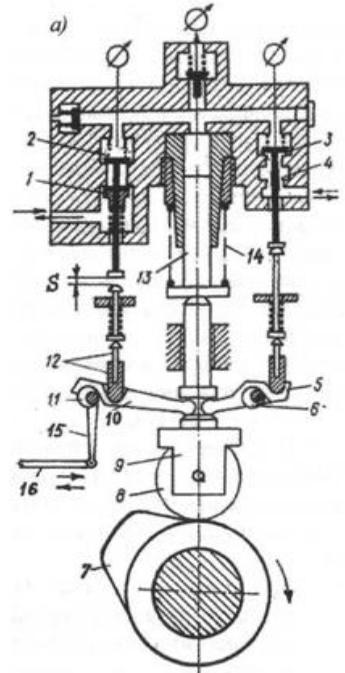


Рис.1. ТНВД клапанного типа с регулировкой подачи по концу подачи.

1 – обратный клапан; 2 – отсечной клапан; 3 – всасывающий клапан; 4 – шток всасывающего клапана; 5 – рычаг; 6 – эксцентрик; 7 – кулачковая шайба; 8 – ролик; 9 – толкателя плунжера; 10 – рычаг; 11 – эксцентрик; 12 – толкатель; 13 – плунжер; 14 – возвратная пружина; 15 – кронштейн; 16 – топливная тяга; S – зазор.

конструкцию. Нижняя часть плунжера называется хвостовиком, а нижняя часть хвостовика - пяткой. Управление подачей топлива осуществляется клапанами. Отсюда и название насоса – клапанного типа. Плунжер золотникового типа 8 (Рис.2) имеет управляющий поясок со скошенной кромкой 4. Изменение подачи топлива осуществляется поворотом плунжера, поэтому в нижней части, выше хвостовика имеется крестовина. На крестовину одевается поворотная втулка 6 с прорезями 7 и зубчатым венцом 9 в верхней части. Вращение поворотной втулки производится зубчатой рейкой 10, которое передаётся плунжеру. В верхней части насоса располагается нагнетательный клапан 2 прижатый к полю пружиной 1. В состав ТНВД клапанного типа (Рис.1) входят всасывающий 3 и отсечной 2 клапаны, управляемые плунжером через систему рычагов и толкателей. Рычаги 5 и 10 опираются на эксцентриковые валики 5 и 11, позволяющие изменять положения рычагов. Эксцентриковый валик 11 может приводиться от органов управления двигателем через рычаги 15 и 16. Для привода в действие плунжера насоса используется кулачковая шайба 7 распределителя, толкатель 9 с роликом 8 и возвратная пружина 14.

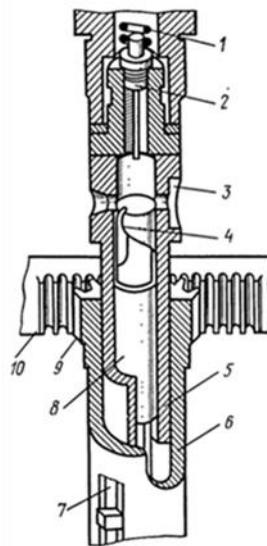


Рис.2. ТНВД золотникового типа: 1 - пружина; 2 - нагнетательный клапан; 3 - топливная рейка; 4 - управляющий поясок; 5 - втулка плунжера; 6 - поворотная втулка; 7 - прорези; 8 - плунжер; 9 - зубчатый венец; 10 - зубчатая рейка.

Принцип действия.

Плунжер насоса приводится в действие распределителем, приводимым в свою очередь от коленчатого вала двигателя. Кулачковая шайба 7 (Рис.1) вращаясь, набегаёт на ролик 8 толкателя 9, заставляя его

двигаться вверх. При этом сжимается возвратная пружина 14. После того как кулачковая шайба распредвала пройдёт положение, соответствующее ВМТ плунжера, возвратная пружина начнёт двигать плунжер вниз.

Принцип действия ТНВД подобен принципу действия поршневого насоса.

При нахождении плунжера примерно в его НМТ полость втулки заполняется топливом. При движении вверх плунжер вытесняет топливо из надплунжерной полости через нагнетательный клапан 2 (Рис.2) в трубку высокого давления, соединённую с форсункой. Благодаря малому сечению сопловых отверстий распылителя форсунки и большой скорости плунжера создаётся высокое давление. Высокое давление топлива обеспечивает тонкий распыл топлива.

Количество подаваемого ТНВД топлива определяет мощность двигателя. Количество топлива, подаваемое за один цикл работы цилиндра, называется цикловой подачей ($g_{ц}$). Цикловая подача топлива соответствует подаче топлива за один ход плунжера. Полный ход плунжера равен расстоянию, проходимому плунжером от НМТ до ВМТ определяется геометрическими размерами кулачковой шайбы и неизменен для данного двигателя. Часть полного хода плунжера, во время которой происходит подача топлива, называется активным ходом плунжера (h_a). Регулирование цикловой подачи топлива $g_{ц}$, а следовательно и мощности

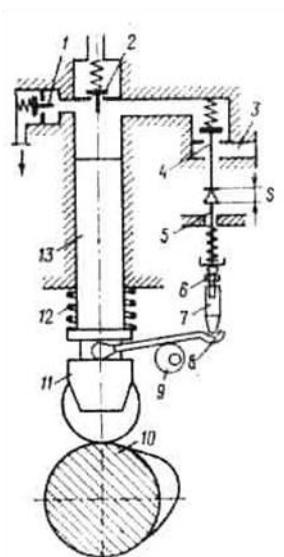


Рис.3. ТНВД клапанного типа с регулировкой по началу подачи: 1 — предохранительный; 2 - нагнетательный клапаны; 3 – магистраль; 4 - перепускной (всасывающий) клапан; 5 - составной толкатель; 6 - регулировочный болт; 7 – толкатель; 8 – рычаг; 9 - эксцентриковый валик; 10 - кулачковая шайба; 11 - ролик толкателя; 12 - возвратная пружина; 13 – плунжер; S – зазор.

двигателя сводится к регулированию величины активного хода плунжера (h_a).

Независимо от типа ТНВД существует 3 способа регулирования цикловой подачи.

Регулирование по началу подачи

Насосы клапанного типа. Когда плунжер находится в нижнем положении, всасывающий (перепускной) клапан 4 открыт и топлива из топливной системы заполняет надплунжерное пространство. При движении плунжера вверх правое плечо рычага 8 опускается и через некоторое время клапан 4 закрывается. До этого момента топливо вытесняется плунжером обратно в топливную систему. После закрытия клапана 4 начинается подача топлива в цилиндр двигателя. Таким образом положение клапана 4 определяет момент начала подачи топлива. Подача топлива завершается с приходом плунжера в ВМТ. Изменяя длину толкателя 5 с помощью винта 6 и/или положение правого плеча рычага 8 посредством эксцентрика 9 можно изменять момент подачи ($\varphi_{нп}$) и количество подаваемого топлива ($g_{ц}$).

Насосы золотникового типа.

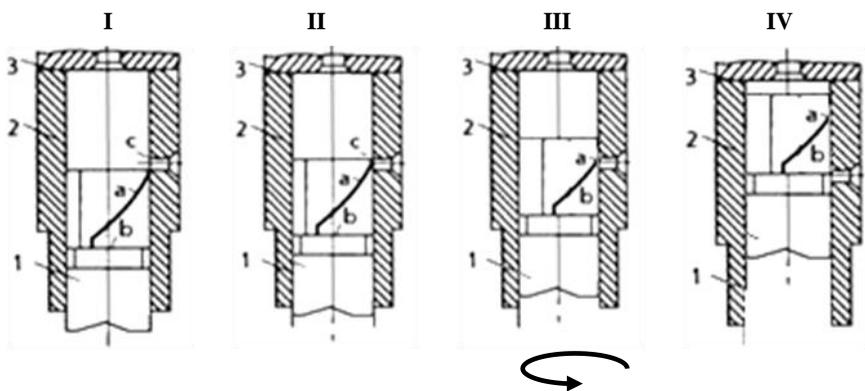


Рис.4. Схема работ насоса золотникового типа с регулировкой по началу подачи: 1 – плунжер; 2 – втулка плунжера;

У насоса золотникового типа надплунжерное пространство заполняется через окно “с” (положение I). Подача топлива начинается с момента, когда фигурная кромка “а” перекроет



Рис.5. Диаграмма подачи топлива при регулировке по началу подачи.

окно “с” (положение II). Если плунжер повернуть, то фигурная кромка переместиться и окно “с” закроется позже (положение III). Соответственно позже начнётся подача топлива. Следовательно, в насосах золотникового типа с регулировкой по началу подачи поворот плунжера изменяется момент подачи ($\varphi_{\text{нп}}$) и количество подаваемого топлива ($g_{\text{ц}}$). Подача топлива завершится, когда окна “с” достигнет кромка “b”. В этот момент надплунжерное пространство сообщится с окном “с” и топливо перепустится в топливную систему (положение IV).

Таким образом в насосах с регулировкой по началу подачи увеличение начала подачи приводит к увеличению угла опережения подачи (Рис.5, точки 1, 2, 3.). Окончание подачи топлива остается неизменным (точка 4).

ТНВД с регулировкой по началу подачи больше подходят для главных двигателей, работающих на винт фиксированного шага. У таких двигателей увеличение подачи топлива связано с увеличением оборотов и поэтому сокращением времени на подготовку топлива к сгоранию. Одновременное увеличение угла подачи топлива увеличивает это время.

Регулирование по концу подачи

Насосы клапанного типа. При положении плунжера в НМТ перепускной (отсечной) клапан 4 закрыт. Надплунжерная полость заполняется через всасывающий клапан. Так как клапан 4 закрыт, то подача топлива начинается сразу, как только плунжер начнёт двигаться вверх. При этом толкатель, приводимый в действие рычагом 8, тоже начнёт двигаться вверх. В тот момент, когда шток 5 упрётся в шток клапана 4, последний откроется и топливо из надплунжерной

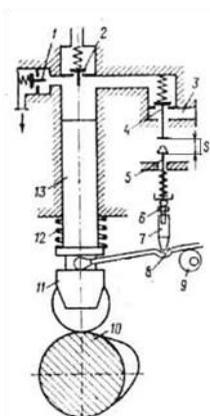


Рис.6. ТНВД клапанного типа с регулировкой по концу подачи: 1 — предохранительный; 2 - нагнетательный клапаны; 3 - магистраль; 4 - перепускной (всасывающий) клапан; 5 - составной толкатель; 6 - регулировочный болт; 7 - толкатель; 8 - рычаг; 9 - эксцентриковый валик; 10 - кулачковая шайба; 11 - ролик толкателя; 12 - возвратная пружина; 13 - плунжер; S - зазор

полости перепуститься в топливную систему. Произойдёт, так называемая, отсечка подачи, т.е. подача топлива прекратится. Таким образом, момент прекращения подачи топлива, а значит и величина подаваемого топлива (цикловая подача $g_{ц}$) зависит от зазора S , который можно изменять эксцентриковым валиком 9 и/или винтом 6.

Насос золотникового типа. Насос начинает подачу, как только верхняя кромка плунжера перекроет окно во втулке (положение 2, рис.7а). Заканчивается подача в тот момент, когда фигурная скошенная кромка плунжера откроет окно втулки и топливо из надплунжерной полости перепуститься в топливную систему, т.е. произойдёт отсечка подачи. Если плунжер повернуть по часовой стрелке, высота части пояска (рис.8), расположенного напротив окна втулки уменьшится. Соответственно уменьшится активный ход плунжера h_a и цикловая подача $g_{ц}$.

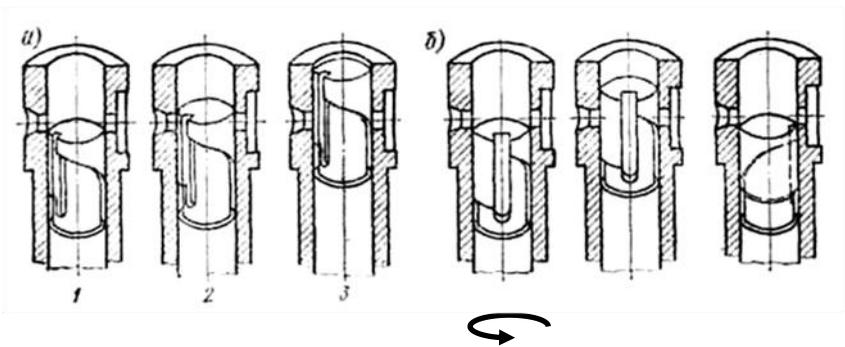


Рис. 7. ТНВД клапанного типа с регулировкой по концу подачи: 1 – положение плунжера в НМТ; 2 – положение начала подачи; 3- положение конца подачи

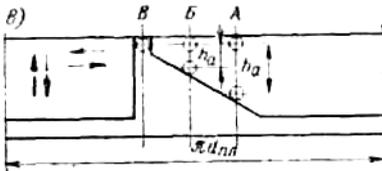


Рис.8. Боковая развёртка плунжера

У ТНВД с регулировкой по концу подачи начало угол опережения подачи топлива на всех режимах остается неизменным (рис.10,

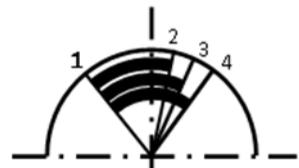


Рис. 10 Диаграмма подачи топлива при регулировке по началу подачи.

точка 1). Конец подачи изменяется в зависимости от величины подачи топлива (точки 2, 3, 4).

Регулирование по концу подачи и по началу подачи

Насос золотниковового типа. Когда плунжер насоса (рис.1) находится в нижнем положении, клапан 3 открыт, а клапан 2 закрыт. Топливо заполняет насос через открытый клапан 3. При движении плунжера вверх правое плечо рычага 5 опускается, что приводит в определенный момент к закрытию клапана 3. С этого момента начинается подача топлива. Момент закрытия клапана 3 и начало подачи топлива зависит от длины толкателя 4 и положения эксцентрикового вала 6. Изменяя длину толкателя 4 и/или положение эксцентрика 6 можно изменять угол опережения подачи топлива.

Движение плунжера вверх сопровождается движением вверх толкателя 12 посредством рычага 10. В тот момент, когда толкатель 12 достигнет штока 1, клапан 2 откроется и топливо из надплунжерной полости перепустится в топливную систему. Подача топлива прекратится. Момент прекращения подачи топлива и, следовательно, её величина (цикловая подача $g_{ц}$) зависят от величины зазора S толкателем 12 и штоком 1 клапана 2. Величину зазора S можно регулировать, изменяя длину толкателя 12 и вращая эксцентриковый вал 11.

Насос клапанного типа.

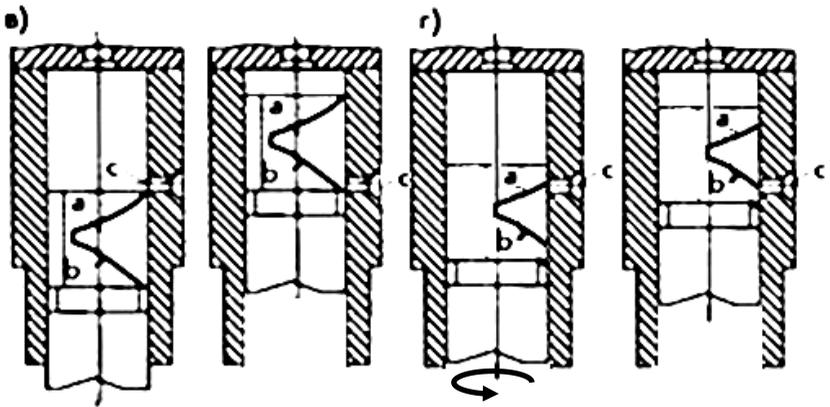


Рис. 9 Золотниковый насос с регулированием по началу и концу подачи: а – подвод топлива; 2 – верхняя фигурная кромка; 3 – нижняя отсечная кромка

Золотниковый насос с регулированием по началу и по концу подачи имеет две фигурные кромки на плунжере: верхнюю и нижнюю. При перекрытии окна втулки верхней кромкой начинается подача топлива, а при открытии окна нижней – завершается. Если плунжер повернуть, то, окно будет перекрываться позже и открываться раньше (рис.9). При этом будет уменьшаться угол опережения подачи, и уменьшаться цикловая подача топлива.

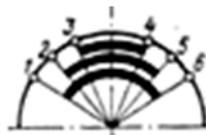


Рис.11. Диаграмма подачи топлива при регулировании по началу и по концу подачи

У ТНВД с регулировкой по концу и началу подачи с изменением подачи топлива изменяются начало (рис.11, точки 1, 2, 3) и конец подачи топлива (точки 4, 5, 6).

Особенности разных способов регулирования

ТНВД с регулировкой по началу подачи больше подходят для главных двигателей, работающих на винт фиксированного шага. У таких двигателей увеличение подачи топлива связано с увеличением оборотом и поэтому сокращением времени на подготовку топлива к сгоранию. Одновременное увеличение угла подачи топлива увеличивает это время. Однако, так как подача топлива продолжается почти до ВМТ плунжера, конец подачи топлива происходит при малой скорости плунжера, отрицательно сказывается на распыле топлива.

ТНВД с регулировкой по концу подачи лишён вышеуказанного недостатка, но для динамического изменения момента начала подачи топлива требуются дополнительные устройства.

ТНВД с регулировкой по началу и концу подачи наиболее универсальны с точки зрения регулировки. Распространение получили ТНВД клапанного типа так как наиболее обладают наиболее гибкой регулировкой.

Литература.

Возницкий И. В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 1. / И.В. Возницкий, А.С. Пунда – М.:МОРКНИГА, 2010.- 260 с. Стр. 161-165

И.В. Возницкий, А.С. Пунда Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 2 2008 г.и. Стр. 180-185

И.В. Возницкий, Е.Г.Михеев Судовые дизели и их эксплуатация 1990 г.и. Стр. 112-117