

УДК 621.43

О.И. Савинов, инж., В.Г. Дьяченко, д-р техн. наук

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОЦЕССА НАПОЛНЕНИЯ ПОЛОСТИ НАД ТОЛКАТЕЛЕМ ТОПЛИВНОГО НАСОСА НВП – 1М

Конструкция топливного насоса с манжетным уплотнением плунжера, совмещающего в одном корпусе секции низкого и высокого давлений, по организации рабочих процессов в полостях отличается рядом особенностей [1, 2, 3]. Определяющими по характеристикам топливоподачи являются процессы в полости над толкателем и в полости наполнения плунжера. Исходя из особенностей процессов в полости наполнения насоса низкого давления 3 (полости над толкателем) (рис.1), предложена методика оценки параметров каналов и клапанов на впуске.

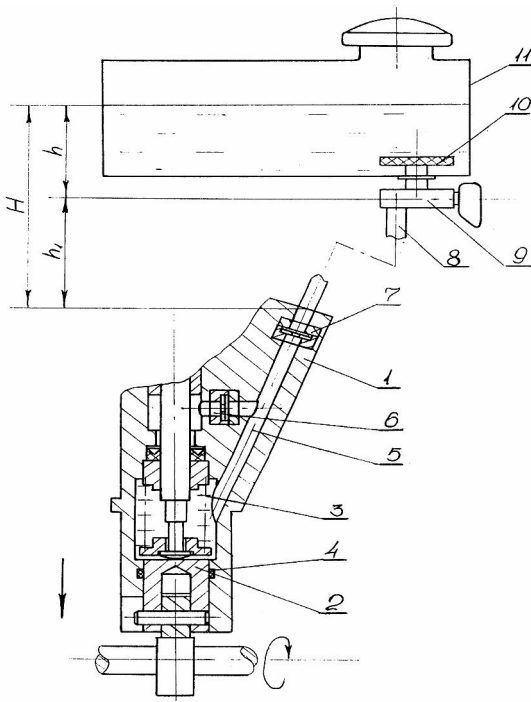


Рис. 1. Схема системы низкого давления топливного насоса: 1-корпус; 2-толкатель; 3-полость пружины; 4-уплотнительное кольцо; 5-канал подвода топлива; 6-перепускной лепестковый клапан; 7-впускной лепестковый клапан; 8-подводящая топливная магистраль; 9-кран; 10-фильтр; 11-топливный бак; h – уровень топлива; h_1 – превышение топливного бака над топливным насосом; H -высота столба топлива ($H=h+h_1$)

Предлагаемая методика позволяет определить объем топлива, поступающего в полость насоса в зависимости от частоты вращения кулачкового вала и гидравлических сопротивлений подводящей магистрали. Условно расчет заполнения полости над толкателем можно разбить на 2 этапа:

– при перемещении толкателя от ВМТ к НМТ;

– при нахождении толкателя в НМТ.

На первом этапе изменение давления в полости насоса низкого давления за бесконечно малый промежуток времени

$$dP_{n.m.} = \frac{1}{\alpha \cdot V_{n.m.}} (dQ_{Tex} - dV_{n.m.}), \quad (1)$$

где α – объемный коэффициент сжатия топлива; $V_{n.m.}$ – объем полости толкателя; dQ_{Tex} – элементарный объем поступающего топлива;

$dV_{n.m.}$ – элементарное изменение объема полости над толкателем, обусловленное перемещением толкателя за время dt .

Элементарное изменение объема поступающего топлива

$$dQ_{Tex} = \mu_{n.m.} \cdot S_{вп.кл.} \cdot U_T \cdot \frac{d\varphi}{6n}, \quad (2)$$

где $\mu_{n.m.}$ – коэффициент расхода подводящей магистрали; $S_{вп.кл.}$ – площадь проходного сечения впускного клапана; U_T – скорость топлива; $d\varphi$ – угол поворота кулачкового вала за время dt ; n – частота вращения кулачкового вала.

Скорость топлива в расчетном поперечном сечении подводящего канала в предположении установившегося течения

$$U_T = \sqrt{2 \frac{\Delta P}{\rho_T}}, \quad (3)$$

где ΔP – перепад давления ($\Delta P = P_0 + \rho_T gH - P_{n.m.}$); ρ_T – плотность топлива; P_0 – атмосферное давление; H – высота столба топлива над штуцером подвода топливного насоса; $P_{n.m.}$ – давление в полости толкателя.

Давление в полости толкателя в конце расчетного промежутка времени (при условии, что $P_{n.m.}$ больше или равно давлению насыщенных паров $P_{нас.пар.}$)

$$P_{n.m.(i+1)} = P_{n.m.(i)} + dP_{n.m.(i+1)} \quad (4)$$

Если давление в полости толкателя при расчете меньше давления насыщенных паров, принимается, что давление в полости толкателя равно давлению насыщенных паров.

Элементарное изменение объема полости над толкателем

$$dV_{n.m.} = (F_m - F_{пл.}) dh, \quad (5)$$

где F_m – площадь поперечного сечения толкателя; $F_{пл.}$ – площадь поперечного сечения плунжера; dh – перемещение толкателя за время dt .

На втором этапе - после остановки толкателя в НМТ - изменение давления в полости за расчетный промежуток времени

$$dP_{n.m.(i)} = \frac{kP_{n.m.(i)}}{Q_{топл.пар.(i)}} dQ_{Твх(i)} \quad (6)$$

где k - показатель адиабаты паров топлива; $Q_{топл.пар.(i)}$ - суммарный объем топливных паров на i - ом шаге расчета; $dQ_{Твх(i)}$ - элементарный объем топлива, входящий на i - ом шаге расчета.

Объем паров топлива

$$Q_{топл.пар.(i)} = (F_m - F_{пл.})h - \sum_{i=1}^{i=n} Q_{Твх(i)}, \quad (7)$$

где $\sum_{i=1}^{i=n} Q_{Твх(i)}$ - суммарный объем топлива, поступивший к расчетному промежутку времени $i = 1 \dots n$.

Проверка адекватности предлагаемой модели расчета процессов заполнения полости над толкателем с действительными процессами выполнена применительно к топливному насосу с симметричным тангенциальным кулачком по скоростной характеристике (рис.2) и при изменении температуры топлива в пределах 24–32°C (рис.3). Предварительно экспериментально определялось давление насыщенных паров бензина в зависимости от температуры и коэффициенты расхода подводящей магистрали.

Замер давления насыщенных паров топлива производился с использованием бомбы Рейда в диапазоне температур от 20 до 38°C (ГОСТ 1756 - 52).

При снятии скоростных характеристик определялись количество подаваемого топлива и его температура при частоте вращения кулачкового вала $n = 1000 - 5000 \text{ мин}^{-1}$ (рис. 2 и 3). Погрешность расчета при определении производительности насоса в зависимости от температуры топлива при частоте вращения кулачкового вала $n = 3000 \text{ мин}^{-1}$ не превышает 4,4%. При расчете производительности топливного насоса в зависимости от частоты вращения кулачкового вала (скоростная характеристика) погрешность расчетных данных не превышает 10% в диапазоне частот вращения кулачкового вала $n = 1000 - 3500 \text{ мин}^{-1}$. С увеличением частоты вращения кулачкового вала погрешность расчета возрастает и тем больше, чем выше частота вращения, что обусловлено нестационарным характером течения топлива в подводящей магистрали.

Представленная методика позволила произвести предварительный выбор проходных сечений канала и клапана подводящей магистрали топливного насоса с манжетным уплотнением плунжера, объединяющего в одном корпусе секции высокого и низкого давлений.

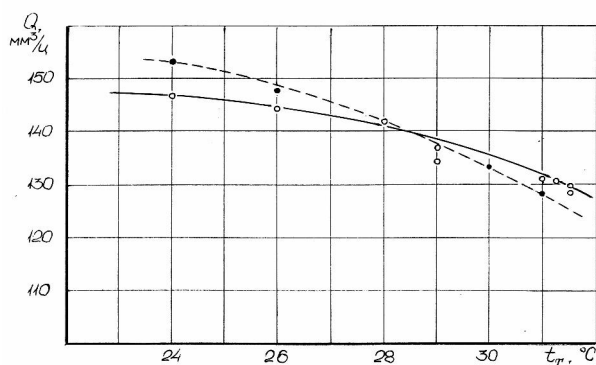


Рис. 2. Зависимость производительности насоса низкого давления от температуры топлива при частоте вращения кулачкового вала $n = 3000 \text{ мин}^{-1}$ (● — расчет; ○ — эксперимент)

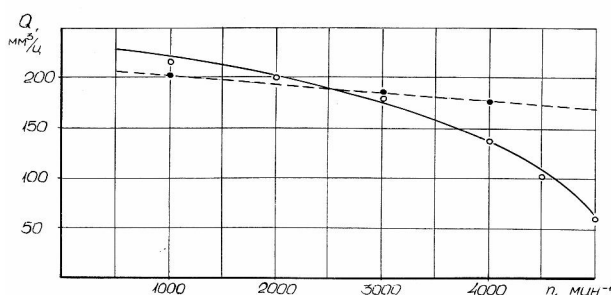


Рис. 3. Зависимость производительности насоса низкого давления от частоты вращения кулачкового вала: (● — расчет; ○ — эксперимент)

Список литературы:

1. Савинов О.И. Топливная аппаратура для одноцилиндровых двигателей с искровым зажиганием // ДВС: Вестник Харьковского Государственного Политехнического Университета. Сборник научных трудов. Выпуск 59. — Харьков, ХГПУ, 1999. — с. 53 - 58.
2. Савинов О.И. Выбор основных параметров системы питания одноцилиндрового двухтактного двигателя с непосредственным впрыском топлива. // Вестник Национального Технического Университета "ХПИ". Тематический сборник научных трудов "Двигатели внутреннего сгорания". Харьков, НТУ "ХПИ"-2001. — с.51 - 60.
3. Система впрыскивания топлива двигателю внутреннего сгорания. Патент РФ 2068110, МКИ 6F02M 41/00, 37/14, 37/18. Савинов О.И., Молчанов П.Н., Владимирский А.И., Бобровский А.В., Найда В.А., Семененко Н.А., Дьяченко В.Г., Мотлохов А.В., Амосов С.В. — Оpubл. 20.10.96., Бюл. 29.