

УДК 621.43:621.313.13

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ВИХРЕВЫХ БЕНЗОНАСОСОВ В СИСТЕМАХ ВПРЫСКА АВТОМОБИЛЕЙ НА ОСНОВЕ ЗАКОНОВ ПОДОБИЯ

И.И. Михеев, А.И. Корнеев

При расчете характеристик насосов на основе законов подобия используется метод пересчета характеристик модельного насоса. Данный метод применяется в тех случаях, когда появляется необходимость создания однотипных насосов с характеристиками, отличными от модельного. Метод является достаточно простым и одинаков для центробежных насосов как лопастных, так и вихревых [1–4].

Обозначим характеристики модельного бензонасоса: расход – Q_m , напор – P_m , мощность – N_m , число оборотов рабочего колеса – n_m , диаметр рабочего колеса – D_m .

Характеристики проектируемого бензонасоса: расход – Q , напор – P , мощность – N , число оборотов рабочего колеса – n , диаметр рабочего колеса – D .

При использовании метода пересчета возможны различные варианты в зависимости от условий поставленной задачи.

Вариант 1. Определить характеристики проектируемого бензонасоса по расходу и напору при изменении числа оборотов рабочего колеса ($n_m \neq n$) при постоянном его диаметре ($D_m = D$).

Характеристики проектируемого бензонасоса определяются по формулам подобия:

Производительность насоса

$$\frac{Q}{Q_m} = \frac{n}{n_m}, \text{ откуда } Q = Q_m \cdot \left(\frac{n}{n_m} \right). \quad (1)$$

Напор, развиваемый насосом

$$\frac{P}{P_m} = \left(\frac{n}{n_m} \right)^2, \text{ откуда } P = P_m \cdot \left(\frac{n}{n_m} \right)^2. \quad (2)$$

Мощность насоса

$$\frac{N}{N_m} = \left(\frac{n}{n_m} \right)^3, \text{ откуда } N = N_m \cdot \left(\frac{n}{n_m} \right)^3. \quad (3)$$

Вариант 2. Определить характеристики проектируемого бензонасоса по расходу и напору при изменении числа оборотов рабочего колеса ($n_m \neq n$) и его диаметра ($D_m \neq D$).

Характеристики проектируемого бензонасоса определяются по формулам подобия.

Диаметр рабочего колеса насоса

$$\frac{Q}{Q_m} = \frac{n}{n_m} \cdot \left(\frac{D}{D_m} \right)^3, \text{ откуда } D = D_m \cdot \left(\frac{Q}{Q_m} \right)^{1/3} \cdot \left(\frac{n_m}{n} \right)^{1/3}. \quad (4)$$

Напор, развиваемый насосом

$$\frac{P}{P_m} = \left(\frac{n}{n_m}\right)^2 \cdot \left(\frac{D}{D_m}\right)^2, \text{ откуда } P = P_m \cdot \left(\frac{n}{n_m}\right)^2 \cdot \left(\frac{D}{D_m}\right)^2. \quad (5)$$

Мощность насоса

$$\frac{N}{N_m} = \left(\frac{n}{n_m}\right)^3 \cdot \left(\frac{D}{D_m}\right)^5, \text{ откуда } N = N_m \cdot \left(\frac{n}{n_m}\right)^3 \cdot \left(\frac{D}{D_m}\right)^5. \quad (6)$$

Приведенные формулы подобия справедливы при изменении числа оборотов не более, чем на 20%, т. е.

$$0,8n_m < n < 1,2n_m \quad (7)$$

В настоящее время в системах впрыска автомобилей для подачи топлива из бака к ДВС применяются, в основном, бензонасосы вихревого типа. Исходя из изложенного, ниже представлен практический расчет характеристик вихревого бензонасоса методом пересчета модельного бензонасоса на основе законов подобия.

В качестве модельного принимаем бензонасос, параметры которого по расходу и напору соответствуют двигателям автомобилей «Волга» и «Газель» (5).

Рассмотрим пример расчета по варианту 2.

Исходные характеристики модельного бензонасоса: расход $Q_m = 120$ л/час; напор $P_m = 3,5$ кгс/см²; мощность полезная $N_m = 58$ Вт; число оборотов рабочего колеса $n_m = 6500$ об/мин; диаметр рабочего колеса $D_m = 31$ мм.

Рассчитать насос с характеристиками: расход $Q = 100$ л/час; напор $P = 2,8$ кгс/см². Необходимо определить для проектируемого бензонасоса число оборотов рабочего колеса n и его диаметр D .

Поскольку имеем две неизвестные (обороты и диаметр), используем итерационный метод расчета (метод приближений), последовательно задавая значения n_i для проектируемого бензонасоса. Так как характеристики проектируемого бензонасоса меньше, чем у модельного, расчетные значения оборотов n_i рабочего колеса проектируемого бензонасоса принимаем из условия $n_i < n_m$.

1-й шаг. Задаем $n_1 = 6300$ об/мин. Из выражений (4)–(6) имеем

$$D_1 = D_m \cdot \left(\frac{Q}{Q_m}\right)^{1/3} \cdot \left(\frac{n_m}{n_1}\right)^{1/3} = 31 \cdot \left(\frac{100}{120}\right)^{1/3} \cdot \left(\frac{6500}{6300}\right)^{1/3} = 29,45 \text{ мм};$$

$$P_1 = P_m \cdot \left(\frac{n_1}{n_m}\right)^2 \cdot \left(\frac{D_1}{D_m}\right)^2 = 3,5 \cdot \left(\frac{6300}{6500}\right)^2 \cdot \left(\frac{29,45}{31}\right)^2 = 3,0 \text{ кгс/см}^2;$$

$$N_1 = N_m \cdot \left(\frac{n_1}{n_m}\right)^3 \cdot \left(\frac{D_1}{D_m}\right)^5 = 58 \cdot \left(\frac{6300}{6500}\right)^3 \cdot \left(\frac{29,45}{31}\right)^5 = 40,6 \text{ Вт}.$$

2-й шаг. Поскольку напор $P_1 = 3,0$ кгс/см² > $P = 2,8$ кгс/см², задаем $n_2 = 5700$ об/мин. Имеем

$$D_2 = D_m \cdot \left(\frac{Q}{Q_m}\right)^{1/3} \cdot \left(\frac{n_m}{n_2}\right)^{1/3} = 31 \cdot \left(\frac{100}{120}\right)^{1/3} \cdot \left(\frac{6500}{5700}\right)^{1/3} = 30,4 \text{ мм};$$

$$P_2 = P_m \cdot \left(\frac{n_2}{n_m} \right)^2 \cdot \left(\frac{D_2}{D_m} \right)^2 = 3,5 \cdot \left(\frac{5700}{6500} \right)^2 \cdot \left(\frac{30,4}{31} \right)^2 = 2,6 \text{ кгс/см}^2;$$

$$N_2 = N_m \cdot \left(\frac{n_2}{n_m} \right)^3 \cdot \left(\frac{D_2}{D_m} \right)^5 = 58 \cdot \left(\frac{5700}{6500} \right)^3 \cdot \left(\frac{30,4}{31} \right)^5 = 35,5 \text{ Вт}.$$

3-й шаг. Поскольку напор $P_2 = 2,6 \text{ кгс/см}^2 < P = 2,8 \text{ кгс/см}^2$, задаем $n_3 = 6100 \text{ об/мин}$.
Имеем

$$D_3 = D_m \cdot \left(\frac{Q}{Q_m} \right)^{1/3} \cdot \left(\frac{n_m}{n_3} \right)^{1/3} = 31 \cdot \left(\frac{100}{120} \right)^{1/3} \cdot \left(\frac{6500}{6100} \right)^{1/3} = 29,8 \text{ мм};$$

$$P_3 = P_m \cdot \left(\frac{n_3}{n_m} \right)^2 \cdot \left(\frac{D_3}{D_m} \right)^2 = 3,5 \cdot \left(\frac{6100}{6500} \right)^2 \cdot \left(\frac{29,8}{31} \right)^2 = 2,83 \text{ кгс/см}^2;$$

$$N_3 = N_m \cdot \left(\frac{n_3}{n_m} \right)^3 \cdot \left(\frac{D_3}{D_m} \right)^5 = 58 \cdot \left(\frac{6100}{6500} \right)^3 \cdot \left(\frac{29,8}{31} \right)^5 = 39 \text{ Вт}.$$

Расхождение в значениях P_3 и P составляет $\frac{P_3}{P} = \frac{2,83}{2,8} = 1,01$, т. е. 1%, что достаточно для практических расчетов. Соотношение оборотов n_3 и n_m составляет

$$\left(\frac{n_3}{n_m} \right) = \left(\frac{6100}{6500} \right) = 0,94, \text{ или } 6\%, \text{ что меньше } 20\%, \text{ т. е. условие (7) соблюдено.}$$

Окончательно принимаем характеристики проектируемого вихревого бензонасоса: расход $Q = 100 \text{ л/час}$; напор $P = 2,83 \text{ кгс/см}^2$; мощность $N = 39 \text{ Вт}$; число оборотов рабочего колеса $n = 6100 \text{ об/мин}$; диаметр рабочего колеса $D = 29,8 \text{ мм}$.

С помощью полученных характеристик рассчитывается геометрия лопаток рабочего колеса и проточной части насосного блока вихревого типа проектируемого бензонасоса по ранее представленной методике (5).

Библиографический список

1. Байбаков, О.В. Вихревые гидравлические машины / О.В. Байбаков. М.: Машиностроение, 1981. 197 с.
2. Дробнис, В.Ф. Гидравлика и гидравлические машины: учебное пособие для студентов / В.Ф. Дробнис. М.: Просвещение, 1987. 191 с.
3. Семидуберский, М.С. Насосы, компрессоры, вентиляторы: учебник для техникумов / М.С. Семидуберский. М.: Высшая школа, 1974. 232 с.
4. Степанов, А.И. Центробежные и осевые насосы / А.И. Степанов. М.: Машиностроение, 1960. 464 с.
5. Михеев, И.И. Расчет параметров и геометрии насосного блока вихревого бензонасоса в системах впрыска автомобилей / И.И. Михеев, А.И. Корнеев // Вестник ТГТУ. Тверь: ТГТУ, 2009. Вып. 15. С 40–44.

