

УДК 614.8:621.9

## **АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ПОЖАРНОГО ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА ПН-40 НА НОМИНАЛЬНОМ РЕЖИМЕ**

И.И. СУТОРЬМА, кандидат технических наук, начальник кафедры,  
А.В. ЛИФАНОВ, магистр технических наук, преподаватель кафедры,  
Р.Л. ГОРБАЦЕВИЧ, магистрант

*УО «Гомельский инженерный институт» МЧС Республики Беларусь,  
г. Гомель, Республика Беларусь*

Представлен порядок нахождения корректирующей функции для уточнения результатов численных экспериментов по моделированию гидродинамических режимов пожарного центробежного насоса. Дана оценка точности нахождения напорной характеристики пожарного центробежного насоса.

**Ключевые слова:** центробежный пожарный насос, гидродинамический процесс, математическое моделирование, численные методы.

**Введение.** В работе [1] предложена методика исследования гидродинамических процессов путем постановки численных экспериментов на основе математического моделирования с использованием средств вычислительной техники. Объектом исследования является модель пожарного насоса ПН-40 УВ.

В работе [2] даны рекомендации по устранению причин возникновения значительных погрешностей при расчете.

Целью данной работы является анализ результатов серии расчетных экспериментов и оценка погрешности результатов математического моделирования номинального режима работы центробежного пожарного насоса ПН-40.

**Основная часть.** В результате проведения серии численных экспериментов с моделью течений в центробежном пожарном насосе ПН-40 на номинальном режиме работы (частота вращения вала насоса 2700 об/мин) была получена напорная характеристика  $P1(Q)$  модели данного насоса, имеющая форму сходную с характеристикой  $P2(Q)$  насоса ПН-40, приведенной в литературе [3] (Рисунок 1).

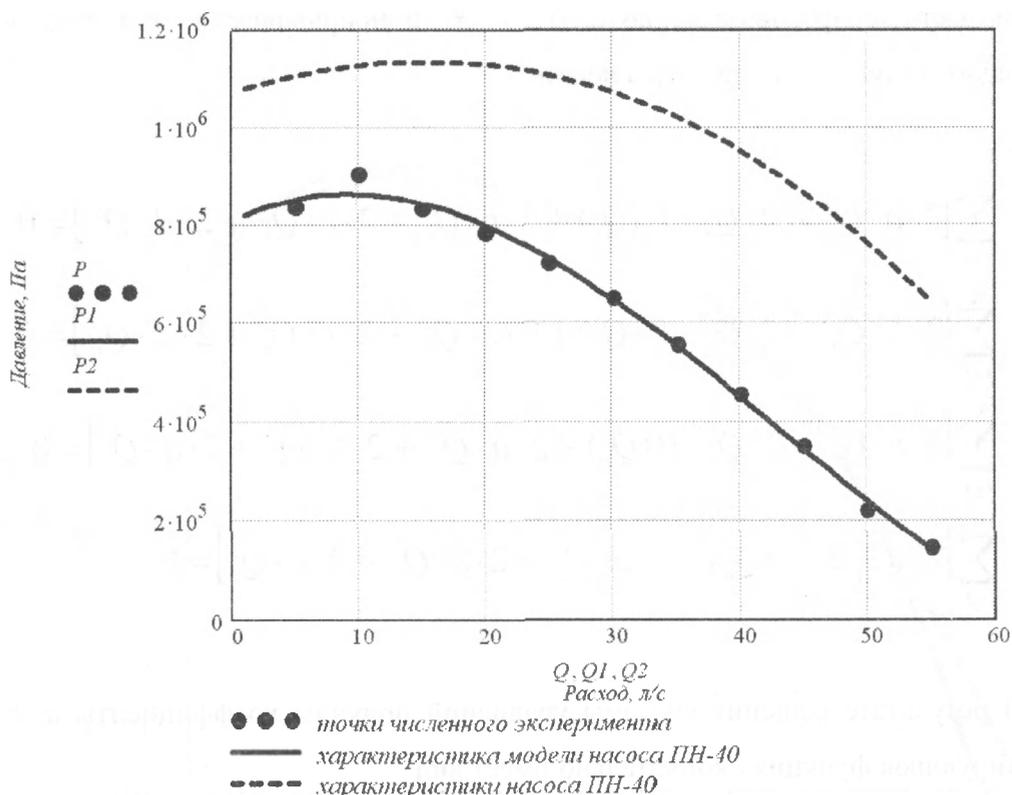


Рисунок 1 – Напорные характеристики насоса ПН-40 и его математической модели

Различия в характеристиках вызваны особенностями математической модели. Анализ отклонений характеристики модели насоса осуществлялся в виде корректирующей функции:

$$\Delta P_i(Q_i) = \frac{P2_i(Q_i)}{P1_i(Q_i)} \quad (1)$$

В соответствии с методикой обработки экспериментальных данных методом наименьших квадратов уравнение регрессии имеет вид:

$$\Delta P(Q) = a \cdot Q^3 + b \cdot Q^2 + c \cdot Q + d \quad (2)$$

где  $a, b, c, d$  – коэффициенты.

Для нахождения коэффициентов  $a, b, c, d$  запишем сумму [6]:

$$S = \sum_{i=1}^n \left[ \Delta P_i(Q_i) - (a \cdot Q_i^3 + b \cdot Q_i^2 + c \cdot Q_i + d) \right]^2 \quad (3)$$

где  $i$  – номер расчетной точки;

$n$  – количество расчетных точек.

Возьмем частные производные по  $a, b, c, d$  и приравняем их к нулю. Получим следующую систему линейных уравнений

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n [2 \cdot a \cdot Q_i^6 - 2 \cdot Q_i^3 \cdot P_i(Q_i) + 2 \cdot b \cdot Q_i^5 + 2 \cdot c \cdot Q_i^4 + 2 \cdot d \cdot Q_i^3] &= 0 \\ \sum_{i=1}^n [2 \cdot b \cdot Q_i^4 - 2 \cdot Q_i^2 \cdot P_i(Q_i) + 2 \cdot a \cdot Q_i^5 + 2 \cdot c \cdot Q_i^3 + 2 \cdot d \cdot Q_i^2] &= 0 \\ \sum_{i=1}^n [2 \cdot c \cdot Q_i^2 - 2 \cdot Q_i \cdot P_i(Q_i) + 2 \cdot a \cdot Q_i^4 + 2 \cdot b \cdot Q_i^3 + 2 \cdot d \cdot Q_i] &= 0 \\ \sum_{i=1}^n [2 \cdot d - 2 \cdot P_i(Q_i) + 2 \cdot a \cdot Q_i^3 + 2 \cdot b \cdot Q_i^2 + 2 \cdot c \cdot Q_i] &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

В результате решения системы уравнений получим коэффициенты  $a, b, c, d$ .  
Корректирующая функция окончательно имеет вид

$$\Delta P(Q) = 1.428 \cdot 10^{-5} \cdot Q^3 - 8.547 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2 + 1.642 \cdot 10^{-3} \cdot Q + 1.293. \quad (5)$$

График корректирующей функции приведен на рисунке 2.

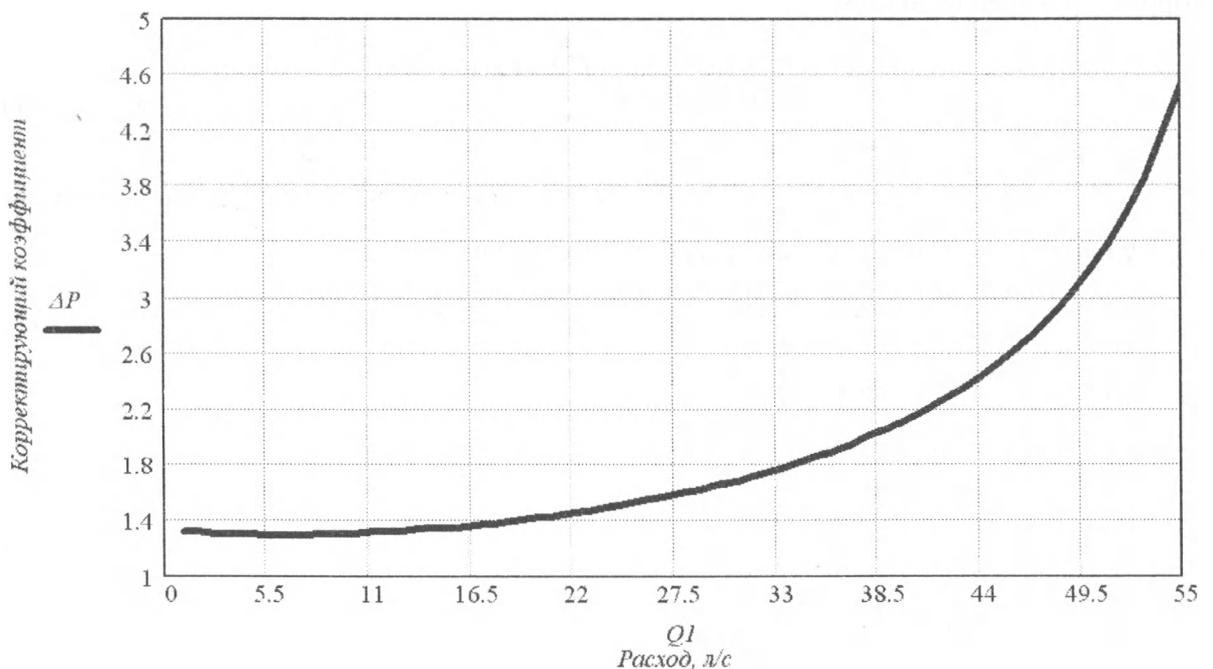


Рисунок 2 – График корректирующей функции

Характеристика модели пожарного центробежного насоса ПН-40 с учетом корректирующей функции представлена на рисунке 3.

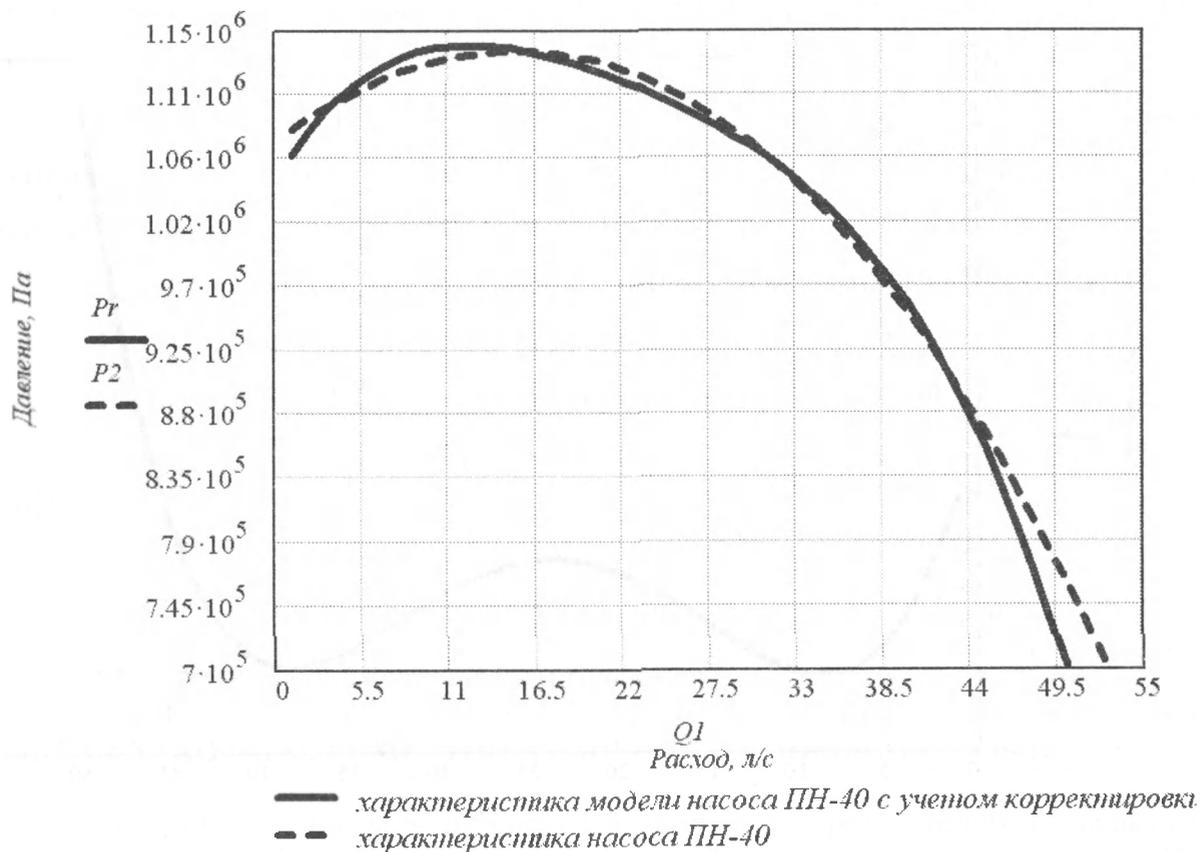


Рисунок 3 – Напорная характеристика насоса ПН-40 и скорректированная напорная характеристика модели насоса ПН-40

Для оценки точности полученной характеристики рассчитаем относительное отклонение:

$$R_i = 100 - \frac{P2_i \cdot 100}{P2_i - (Pr_i - P2_i)}, \% \quad (6)$$

где  $Pr$  – характеристика модели центробежного пожарного насоса ПН-40 с учетом корректирующей функции;

$P2$  – характеристика центробежного пожарного насоса ПН-40.

Зависимость относительного отклонения от подачи насоса приведено на рисунке 4. Из рисунка 4 видно, что относительное отклонение в интервале расходов от 0 до 45 л/с

не превышает 2 %. Максимальное значение отклонения наблюдается при расходе 50 л/с и составляет 9 %.

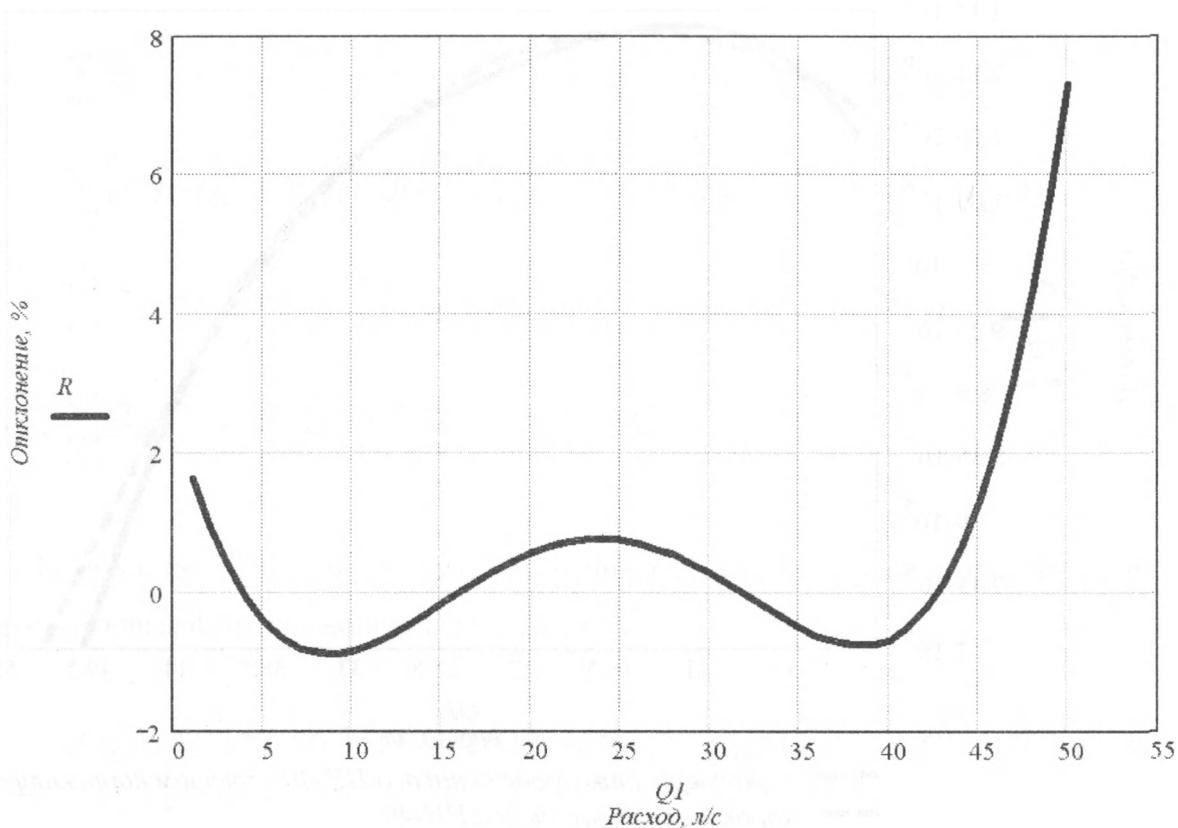


Рисунок 4 – Относительное отклонение давления модели насоса от давления насоса на различных расходах

Авторами также была проведена серия численных экспериментов по моделированию режима работы насоса при частоте вращения вала 2600 об/мин, в результате которой были получены положительные результаты использования корректирующей функции (5) для обеспечения достаточной точности напорной характеристики модели центробежного пожарного насоса ПН-40. В данном случае среднее значение относительного отклонения находится в аналогичных пределах.

**Вывод.** Математическая модель, описанная в работе [1] с использованием корректирующей функции (5) с достаточной степенью точности описывает работу пожарного центробежного насоса ПН-40 на режимах близких к номинальному.

### Литература

1. Суторьма И. И., Лифанов А. В., Скидан Д. М. Численный эксперимент при исследовании центробежных пожарных насосов // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. Том 2. – 2007. – № 2. – С. 28-33.
2. Суторьма И. И., Лифанов А. В. Адаптация численного метода решения к математической модели центробежного пожарного насоса // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. Том 3. – 2008. – № 1. – С. 82-89.
3. Безбородько М.Д. и др. Пожарная техника. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1989.
4. Иванов А. Ф. и др. Пожарная техника, ч. 1. – М., 1988 г.
5. ГОСТ 6134-87. Насосы динамические. Методы испытаний.
6. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента. – М., Издательство «Мир», 1972 г.

*Поступила в редакцию 10.02.2009*

**I.I. Sutorma, A.V.Lifanov, R.L.Gorbatsevich**

#### **ANALYSES OF RESULTS OF NUMERICAL MODELING OF WORK OF FIRE CENTRIFUGAL PUMP "FIRE PUMP - 40" AT NOMINAL REGIME**

The order of discovery of correction function to specify results of numerical experiments on modeling of hydrodynamic regimes of fire centrifugal pump is suggested. The estimation of accuracy of founding of head characteristic of fire pump is given.