



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ТҰҢҒЫШ ПРЕЗИДЕНТІ - ЕЛБАСЫНЫҢ ҚОРЫ

«ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ – 2017»

студенттер мен жас ғалымдардың
XII Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

XII Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ – 2017»

PROCEEDINGS

of the XII International Scientific Conference
for students and young scholars
«SCIENCE AND EDUCATION - 2017»



14th April 2017, Astana



**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**«Ғылым және білім - 2017»
студенттер мен жас ғалымдардың
XII Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XII Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«Наука и образование - 2017»**

**PROCEEDINGS
of the XII International Scientific Conference
for students and young scholars
«Science and education - 2017»**

2017 жыл 14 сәуір

Астана

УДК 378

ББК 74.58

Ғ 96

Ғ 96

«Ғылым және білім – 2017» студенттер мен жас ғалымдардың XII Халықаралық ғылыми конференциясы = The XII International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2017» = XII Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2017». – Астана: <http://www.eni.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie/>, 2017. – 7466 стр. (қазақша, орысша, ағылшынша).

ISBN 978-9965-31-827-6

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 378

ББК 74.58

ISBN 978-9965-31-827-6

©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2017

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Сапаев Садък Нурмухомметович

Sadyk-Sapaev@rambler.ru

Студент-дипломник, Полоцкий государственный университет, г.Новополоцк, Беларусь.

Научный руководитель - Питолин В. Е., к.т.н., доцент

Насосная станция представляет собой несколько центробежных насосов (от 4-х до 10-ти и более), работающих на общий коллектор (рис. 1).

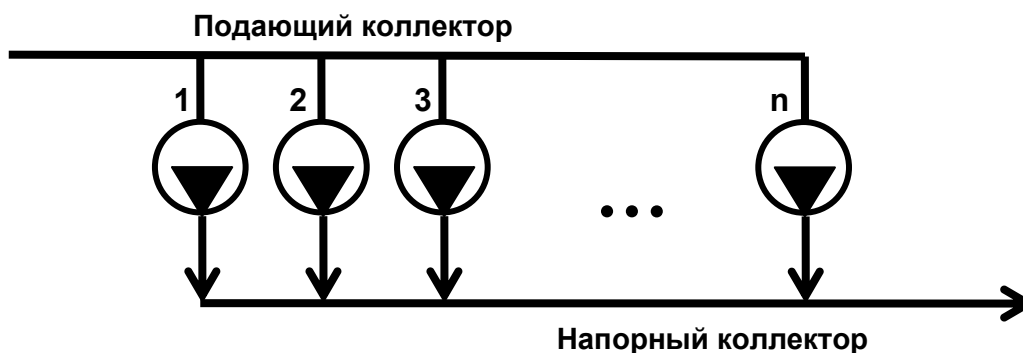


Рис. 1. Расчетная схема насосной станции.

Обычно расчет насосной станции принято выполнять по формулам (1).

$$\left. \begin{aligned} H &= H_1 = H_2 = H_3 = H_4 = H_5 = H_6; \\ Q &= \sum_{i=1}^n Q_i = 6 * Q_i; \\ W &= \sum_{i=1}^n W_i = 6 * W_i. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Но идентичность характеристик даже новых центробежных насосов одного и того же типа является условной, а с течением времени их характеристики тем более изменяются в результате замены электроприводов, изменения диаметров рабочих колес и т.д. Различия характеристик могут достигать 25-30%.

Кроме этого характеристики центробежных насосов для технико-экономических расчетов нельзя вычислять по известным теоретическим зависимостям, т.к. они существенно отличаются от реальных, получаемых при экспериментальных испытаниях. Погрешность расчетов может достигать 15-20%, что недопустимо для оптимизационных моделей.

Так, например, нормативные энергетические характеристики питательных электронасосов ПЭН-580, которые используются на большинстве ТЭЦ, после 10 лет эксплуатации могут различаться на 20-25% (см. рис. 2).

Поэтому построение расчетных моделей насосных станций, позволяющих определить наиболее выгодные сочетания работающих насосов для обеспечения заданного расхода при минимальной степени дросселирования потока, позволяет экономить до 20% электроэнергии. При электрической потребляемой мощности приводов насосов от 2-х до 5-ти мегаватт эта величина экономии может стать хорошим вкладом в энергосбережение, т.к. ее можно сравнить с мощностью небольшой электростанции.

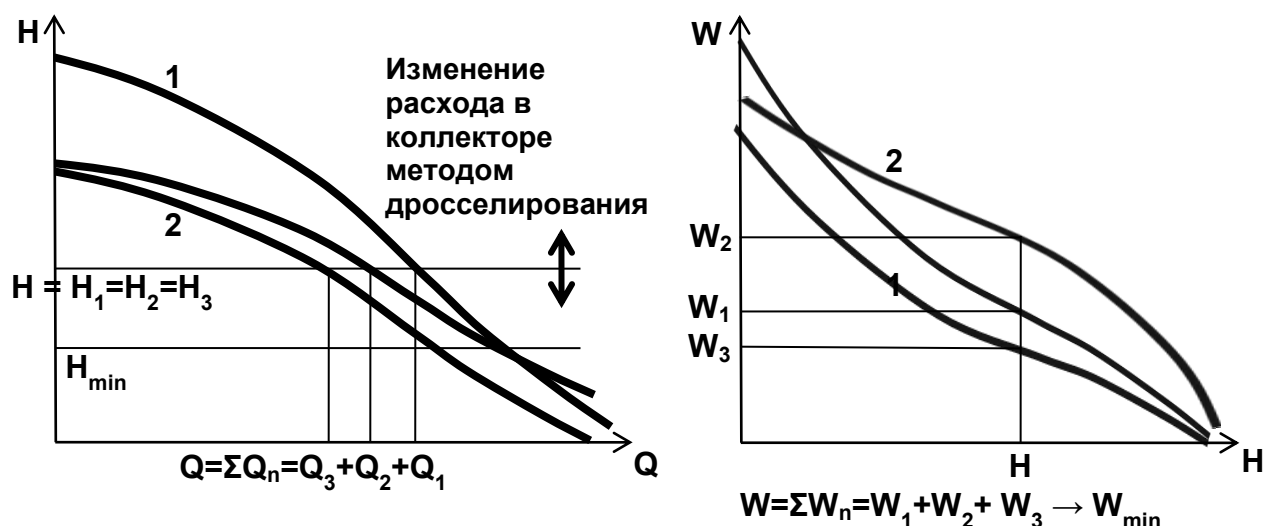


Рис. 2. Реальные энергетические характеристики насосов ПЭН-580.

Неформализованная модель насосной станции, представленная в виде нормативных энергетических характеристик насосов является наиболее адекватной.

Основное требование к методу интерполяции нормативных характеристик: получение расчетной модели наиболее приближенной к натурному состоянию объекта. При этом точность соответствия не должна быть менее 0,5%, т.к. в противном случае эффекты оптимизации модели могут быть меньше погрешности моделирования. Для целей аппроксимации характеристик наилучшим образом подходит метод вычисления кубических сплайнов [1].

Таким образом процесс интерполяции графических данных при построении модели разбивается на два самостоятельных этапа:

- 1-й этап – предварительная подготовка данных сплайна с визуальным контролем точности представления графической характеристики в аналитическом виде. Для этой цели подойдет любой математический процессор: MathCad, MathLab и т.д.

Результатом первого этапа будет определение списка передаваемых параметров: $x_1, \dots, x_n, x_k, y_1, \dots, y_n, y_k$, представляющих координаты узлов сплайна.

В результате подготовительного этапа мы получаем строку вызова функции сплайна вида $Y = \text{spline_N}(x_1, \dots, x_n, x_k, y_1, \dots, y_n, y_k, x)$ со списком передаваемых координат узлов.

N определяет количество узлов сплайна – 4, 6, 8 или 10.

Количество узлов сплайна определяется сложностью исходного графика характеристики объекта, наличием и количеством точек перегиба.

Обычно для практических представлений гладкой кривой достаточно 4-х узлов, а для более сложных – 6-ти или 8-ми.

Количество узлов и характер совпадения графика и сплайна оценивается визуально при выполнении предварительных построений.

- 2-й этап – построение собственно расчетной модели и выполнение расчета искомого значения интерполируемой функции Y в теле прикладной программы модели по искомому параметру x.

При этом по определенному значению аргумента x в теле прикладной программы осуществляется вызов подпрограммы вида $Y = \text{spline_N}(x_1, \dots, x_n, x_k, y_1, \dots, y_n, y_k, x)$, представляющей собой совокупность рекуррентных соотношений [2] для вычисления коэффициентов сплайна.

Определяется номер интервала i, в который попадает значение аргумента x простым сравнением значений координат узлов сплайна со значением аргумента.

Затем определяются необходимые коэффициенты сплайна и вычисляется искомое

значение аппроксимирующей функции.

Расчетная модель насосной станции строится на базе энергетических характеристик насосов, получаемых при проведении периодических экспресс-испытаний.

Аппроксимацию нормативных характеристик насосов необходимо выполнить 6-ти интервальными взвешенными кубическими сплайнами, что позволит обеспечить погрешность расчета параметров не более 0,5% по отношению к данным экспресс-испытаний.

Порядок аппроксимации графиков и формулы для расчета коэффициентов «взвешенного» сплайна приведены в работе [2].

Набор сплайн-функций для вычисления напоров и активных мощностей электроприводов каждого из n насосов выглядит следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} H_1 &= Spl6_Q1(q_1^1, \dots, q_7^1, q_k^1, h_1^1, \dots, h_7^1, h_k^1, Q_1) \\ H_2 &= Spl6_Q2(q_1^2, \dots, q_7^2, q_k^2, h_1^2, \dots, h_7^2, h_k^2, Q_2) \\ &\dots \\ H_n &= Spl6_QN(q_1^n, \dots, q_7^n, q_k^n, h_1^n, \dots, h_7^n, h_k^n, Q_n) \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} W_1 &= Spl6_W1(q_1^1, \dots, q_7^1, q_k^1, w_1^1, \dots, w_7^1, w_k^1, Q_1) \\ W_2 &= Spl6_W2(q_1^2, \dots, q_7^2, q_k^2, w_1^2, \dots, w_7^2, w_k^2, Q_2) \\ &\dots \\ W_n &= Spl6_WN(q_1^n, \dots, q_7^n, q_k^n, w_1^n, \dots, w_7^n, w_k^n, Q_n) \end{aligned} \right\}$$

Целевой функцией оптимизации является минимизация суммарного потребления активной мощности работающими насосами насосной станции.

$$F = \sum W_n(Q_n) \rightarrow \min \quad (2)$$

Решение находится методом простого перебора всех возможных вариантов для группы из m насосов для заданного расхода в сборном коллекторе Q .

Воспользовавшись свойством гладкости аппроксимируемых функций, приводим их к системе линейных уравнений вида (3) методом определения частных производных для окрестности точек $\bar{Q} = Q/m$ текущей группы из m рассчитываемых насосов.

$$\left. \begin{aligned} H &= a_m Q_m + b_m \\ Q &= \sum Q_m \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Полученная система из $m+1$ уравнений, содержащая $m+1$ неизвестных – $Q_1, Q_2, \dots, Q_m$ и H , решается для заданного Q относительно Q_m при строгом ограничении $H > H_{min}$.

Вычисленные значения Q_m подставляются в формулу (2) и выбирается минимальное значение.

Можно искать решение и одним из итерационных методов (растровым или методом Зейделя) при $Q_{k-1} = Q/m$ без преобразования сплайн-функций, но устойчивость процесса итераций не исследовалась.

Время вычислений по представленному алгоритму для 10-ти насосов не превышает нескольких секунд, поэтому использование методов оптимизации (по схеме Беллмана или использования множителей Лагранжа) сокращающих время вычислений в данном случае не потребовалось, хотя и представляет определенный интерес.

Пример использования расчетной модели насосной станции, состоящей из трех насосов (береговой насосной станции ТЭЦ) представлен на рис. 3.

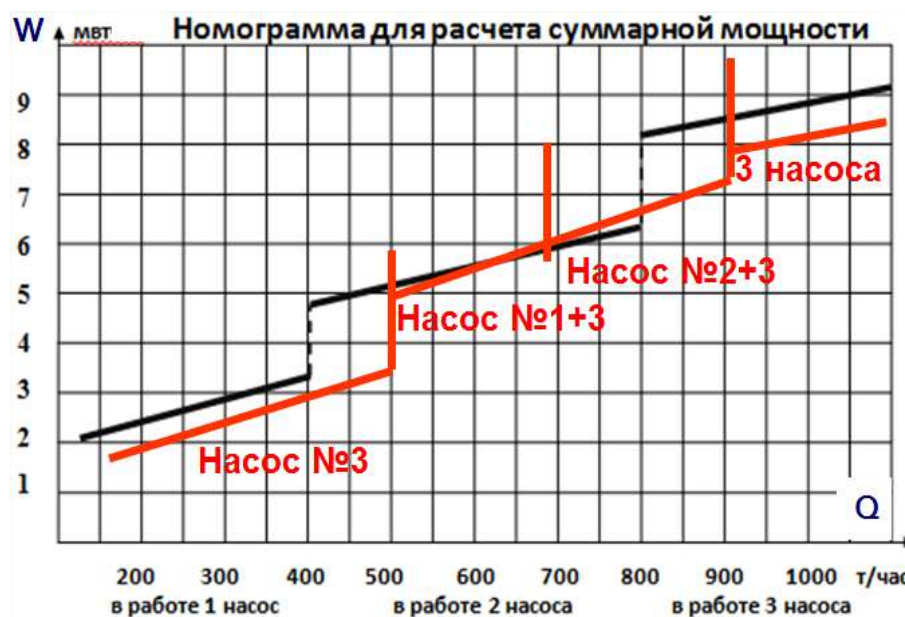


Рис. 3. Пример расчета оптимальных режимов работы насосной станции.

Результаты расчета наносятся на типовую расчетную номограмму, используемую персоналом насосной станции для управления насосами.

На номограмме показаны реальные характеристики наиболее экономичных режимов использования конкретного насосного оборудования. Вертикальными линиями обозначены моменты переключения режимов при изменении расхода.

Из номограммы видно, что реальный экономический эффект составляет 0,5 мегаватт, но на некоторых режимах может достигать и 1,4 мегаватта.

Вывод. Использование методов сплайн-аппроксимации нормативных энергетических характеристик насосного оборудования для построения расчетной модели насосной станции позволяет предоставить эксплуатационному персоналу необходимую информацию для организации наиболее экономичных режимов ее эксплуатации, что позволит обеспечить существенную экономию энергоресурсов.

Список использованных источников

1. Свечко М.В., Питолин В.Е. Создание расчетных моделей сложных энергетических объектов // Прикладные науки. Строительство. Серия F (Вестник ПГУ, Новополоцк) – 2008.- №6.- С. 107-111.
2. Свечко М.В., Питолин В.Е. Метод сплайн - аппроксимации и интерполяции графических характеристик сложных энергетических объектов в расчетных моделях // Фундаментальные науки. Серия С (Вестник ПГУ, Новополоцк) – 2007.- №3.- С. 85-89.

УДК 531.1.383

ГИРОСТАБИЛИЗАТОР

Сыздыкова Д. Д., Зиннат А.А.

s_dana_94@inbox.ru, al1sher94@mail.ru

Сотрудник и магистрант ЕНУ им. Л.Н. Гумилева

Научный руководитель – канд. техн. наук Б.О. Бостанов

Индикаторный гиростабилизатор – это устройство для задания требуемой ориентации приборной платформы. Ориентация предписывается алгоритмом работы инерциальной