

## Регулирования Режимов Работы Насосных Установок

*Хафизов Ислон Икрамович<sup>1</sup>, Бакоев Азиз Юнус угли<sup>2</sup>*

**Аннотация:** Регулирование режимов работы насосных установок может осуществляться различными способами, в зависимости от конкретных требований и условий эксплуатации. В статье представлены способы достижения энергоэффективности за счет регулирования скорости электронасоса.

**Ключевые слова:** реактивная мощность, коэффициент мощности, электропривод насоса, асинхронный двигатель.

Регулирование режимов работы насосных установок может осуществляться изменением количества работающих агрегатов, изменением гидравлической схемы насосной установки, дросселированием напорных линий, изменением частоты вращения рабочих колёс всех или отдельных насосов, сбросом части воды из напорных коммуникаций во всасывающие.

Зачастую регулирование режимов работы насосных установок осуществляется сочетанием упомянутых выше способов регулирования.

Регулирование насосных установок при работе насосов с постоянной частотой вращения, насосные установки могут состоять из нескольких насосных агрегатов, соединенных между собой или параллельно, или последовательно, или смешанным образом. Комбинируя различные способы соединения нескольких насосов, и изменяя число работающих насосов, можно изменять суммарную напорную характеристику насосной установки. Включение насосов в различных комбинациях позволяет получить довольно большое число рабочих точек, каждой из которых соответствуют свои значения подачи и напора. При разнотипных насосных агрегатах следует правильно распределить нагрузку между ними и выявить границы их выгодного использования во всем диапазоне изменения подач насосной установки.

При выборе насоса или группы насосов, включаемых в работу, принимается во внимание характер изменения подач, продолжительность работы установки с той или иной подачей для обеспечения минимального числа включений или отключений насосных агрегатов. Для обеспечения экономичной работы насосной установки рекомендуется использовать в работе те агрегаты, которые имеют более высокий КПД. Критерием правильного распределения нагрузок между насосами является минимум суммарных затрат энергии параллельно работающих насосных агрегатов.

Количество включений крупных насосных агрегатов, не оборудованных устройствами плавного пуска, ограничивается 50—150 включениями в год. Поэтому, при кратковременном снижении производительности насосной установки приходится воздерживаться от уменьшения количества работающих агрегатов. При необходимости прибегают к дросселированию напорных линий насосов, но дросселирование всасывающих линий насосов не рекомендуется во избежание кавитации. Дросселирование центробежного насоса возможно только в том случае, если насос имеет некоторое превышение напора по сравнению с требуемым значением. В пределах этого превышения осуществляется его дросселирование, но из-за этого возникают дополнительные потери энергии. Поэтому, правильный подбор состава работающих насосных агрегатов ещё не обеспечивает минимальных расходов электроэнергии на перекачку жидкости.

<sup>1, 2</sup> Бухарский инженерно-технологический институт



Изложенные принципы регулирования насосных установок обеспечивают до 10 % экономии электроэнергии. В насосных установках, оборудованных осевыми насосами, регулирование режима работы установок осуществляется обычно изменением угла поворота лопастей рабочего колеса. Промышленность изготавливает насосы, оснащенные поворотными лопастями и рассчитанные на подачу до 40 м<sup>3</sup>/с и напор до 27 м [1]. В большинстве случаев насосы этого типа ограничены по напорам до 15÷18 м. Осевые насосы используются в крупных низконапорных насосных установках систем орошения, шлюзов, водопроводных станций первого подъёма, а также на водозаборах тепловых и атомных электростанций.

Рабочее колесо осевого насоса состоит из втулки обтекаемой формы, на которой укреплены поворотные лопасти. Расчётному положению лопастей соответствует угол их установки  $\varphi=0$ . Угол может быть уменьшен или увеличен. Механизм поворота лопастей имеет ручной, электрический или гидравлический привод. При ручном приводе угол поворота изменяется только на неработающем двигателе. Наличие привода электрического или гидравлического позволяет регулировать подачу во время работы насоса. Диапазон изменения угла установки лопастей относительно широк от  $-(4-10)$  до  $+(2-6)$ . Возможность изменения угла установки лопастей позволяет изменять крутизну напорной характеристики насоса и, следовательно, регулировать его подачу и напор. При этом сохраняются сравнительно высокие значения КПД насоса.

Упомянутые способы регулирования, хотя и снижают расход электроэнергии, но не обеспечивают минимально возможного её потребления и имеют ограниченную область применения. Более высокую эффективность обеспечивают способы регулирования, основанные на изменении частоты вращения рабочих колёс центробежных насосов.

Регулирование насосных установок при работе насосов с переменной частотой вращения обеспечивает перемещение рабочей точки насоса по характеристике трубопровода, а не насоса. В этом случае избыточные напоры отсутствуют. Следовательно, при регулировании насоса изменением частоты вращения обеспечивается минимально возможное энергопотребление насоса.

Кроме того, регулирование частоты вращения насосов даёт возможность оптимально распределить нагрузки между совместно работающими агрегатами, обеспечивает равенство их КПД или удельных затрат энергии, удерживает рабочие точки насосных агрегатов в зоне оптимальных КПД, а удельные затраты энергии в зоне минимальных значений.

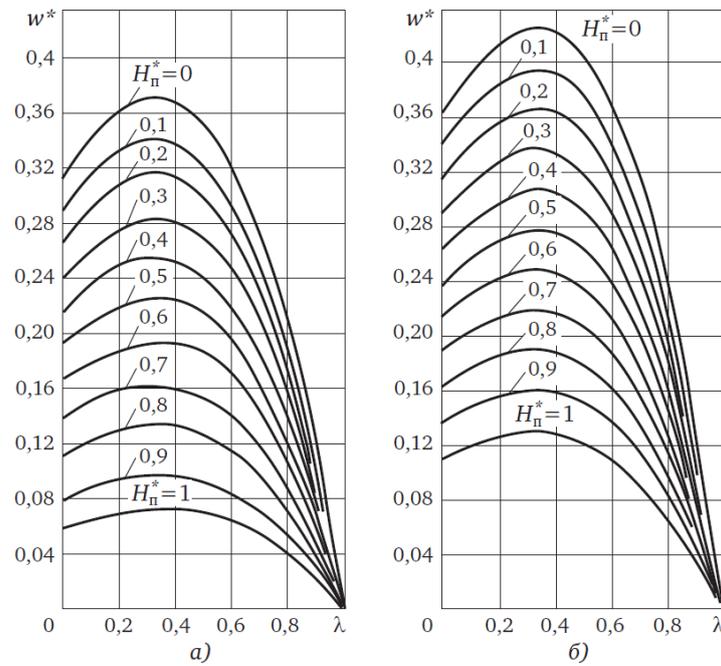
При регулировании частоты вращения снижение энергопотребления равно потерям, обусловленным превышением напоров, которые имеют место при работе насосов с постоянной частотой вращения.

Отсюда следует, что снижение потребления энергии при замене дросселирования регулированием частоты вращения насоса может быть оценено с использованием уравнений (1), (2) и расчётных кривых (см. рис. 1).

$$\Delta W_{\Sigma} = N_{\Sigma} T \left\{ \frac{1}{4} H_{\Sigma}^* \left( \frac{H_{\Phi}^*}{H_{\Sigma}^*} - 1 \right) (1 - \lambda)(1 + \lambda)^2 \right\}.$$

$$\Delta W_{\Sigma} = N_{\Sigma} T w^* ,$$





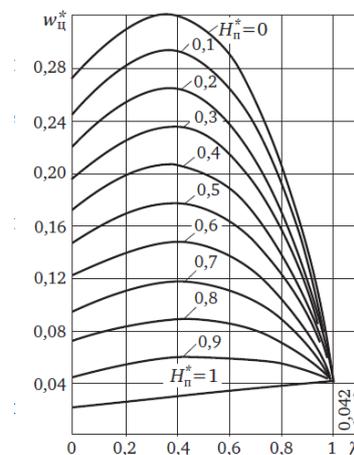
**Рис. 1. Зависимость относительных потерь энергии при дросселировании насосов от параметров  $\lambda$  и  $H_n^*$ :**

*а* —  $H_{\phi}^* = 1,25$  (характерно для водяных насосов); *б* —  $H_{\phi}^* = 1,45$  (характерно для фекальных насосов)

С использованием тех же уравнений и расчётных кривых вычисляется снижение энергопотребления при замене дросселирования в тех насосных установках, где наряду с изменениями расхода в системе происходят колебания напоров на всасывающих линиях насоса. Такой режим характерен для повышающих (бустерных) насосных станций систем городского водоснабжения. При этом одновременно снижаются до нулевого значения статические и динамические составляющие превышения напора.

При замене циклического регулирования насоса изменением частоты его вращения снижение энергопотребления вычисляется с помощью уравнений и расчётных кривых (см. рис. 2).

При выполнении расчётов следует иметь в виду, что уравнения (1) и кривые (см. рис. 1, 2) относятся к режиму работы одиночного насоса. Как уже отмечалось, при параллельной работе нескольких насосов превышение напоров меньше, чем при работе одного большого (эквивалентного) насоса. Следовательно, потери электроэнергии при использовании нескольких насосов меньше, чем при работе одного большого насоса.



**Рис. 2. Зависимость относительных потерь энергии от параметров  $\lambda$  и  $H_n^*$  при ступенчатом регулировании насосов**



Поэтому снижение энергопотребления для нескольких параллельно работающих насосов следует вычислять как для одного эквивалентного насоса с учетом снижающего коэффициента.

### Использованная литература.

1. Salimov J.S., Pirmatov N.B. Elektr mashinalari. –Т.: “O‘zbekiston faylasuflari milliy jamiyati” nashriyoti, 2011. –408 b.
2. Арменский Е. В., Фалк Г. Б. «Электрические микромашины»: Учебное пособие для студентов электротехнических специальностей вузов.3-е перераб.и доп. изд. — М.: Высшая школа, 1985г
3. Д.Э. Брускин, Е. Зорохович, В.С. Хвостов «Электрические машины и микромашины» издание третье, переработанное и дополненное. Москва «Высшая школа» 1990
4. N.N. Sadullayev, M.O. Gafurov., “Assessment of the impact of the industrial enterprise on the environment by determining the integrated (generalized) energy efficiency performance indicator”, AGRITECH-VIII 2023 E3S Web of Conferences 390, 06018 (2023), <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339006018>
5. N.N. Sadullayev, M.O. Gafurov., “Sanoat korxonasining kompleks (umumlashgan) energiya samaradorlik ko‘rsatkichini aniqlash”, Fan va texnologiyalar taraqqiyoti ilmiy – texnikaviy jurnal, 214-218b, 2-2023.
6. N.N. Sadullayev, M.O. Gafurov., “Determination of the Complex Energy Efficiency Indicator of an Industrial Enterprise”, Jisuanji Jicheng Zhizao Xitong/Computer Integrated Manufacturing Systems. J. 28(11), 883-890 (2022). DOI: 10.24297/j.cims.2022.11.063
7. М. Гафуров, “Рекомендации По Устранению Дефицита Электроэнергии В Узбекистане На Основе Опыта Развитых Зарубежных Стран”, Miasto Przyszłości. P. 241 – 245, Kielce 2023

