

**ЗАХАРОВ**

Станислав Леонидович
доктор технических наук,
профессор кафедры
«Инженерная
и компьютерная графика»
(РХТУ
им. Д.И. Менделеева)

**ЕФРЕМОВ**

Александр Вячеславович
инженер-технолог
ОАО «ГосМКБ Вымпел
им. И.И. Торопова»

**АЛЕКСЕЕНКОВ**

Сергей Анатольевич
директор Восточной
станции очистки воды
г. Москва

Оптимальный состав регулируемых насосов в схемах баромембранных процессов

С.Л. Захаров, А.В. Ефремов, С.А. Алексеенков

Рассмотрены вопросы оптимизации структуры технологической схемы насосов, что позволяет снизить производственные затраты.

Ключевые слова: насосное оборудование, оптимизация работы насосов, мембранные процессы, схема подключения насосов.

The article considers the problems of optimization of the pumps flow diagram structure which allows to reduce production costs.

Keywords: pump equipment, pumps operation optimization, membranous processes, pumps connection scheme.

Из литературных источников и практики работы насосов технологических систем известно [1, 2], что исследований влияния скорости вращения рабочих колес насосов в высоконапорных нанотехнологических схемах высокой технологии на характеристики насосов не проводилось. Вместе с тем большое внимание уделено регулируемым электроприводам насосных агрегатов, автоматизированным системам регулирования режимов работы насосных станций.

Отсутствие критериев выбора групп насосов для систем очистки не позволяет в настоящее время построить рабочий алгоритм управления.

Исследование авторов посвящено разработке алгоритма выбора состава рабочей группы насосов, в которые входят как регулируемые по скорости вращения насосы, так и нерегулируемые. Алгоритм управления позволит выполнять преобразования характеристик насосных агрегатов (НА) при изменении скорости вращения рабочих колес насосов.

При разработке алгоритма рассмотрены два предельных случая, имеющие место при наличии:

- 1) ограниченного (до двух) числа регулируемых насосов;
- 2) регулятора скорости вращения, который является обязательным элементом оснащения насосов.

Принято допущение — регулируемые насосы имеют одинаковые $Q-H$ - и $Q-N$ -характеристики.

По $Q-H$ - и $Q-N$ -характеристикам регулируемого насоса при фиксированном напоре вычисляется зависимость потребляемой электроприводом мощности от подачи насоса при изменении скорости вращения рабочего колеса. Отношение потребляемой мощности к величине подачи представляет собой удельные затраты электроэнергии $E_{уд}$ на подачу воды.

Рассмотрим зависимость удельных затрат регулируемого НА от расхода жидкости Q . На рис. 1 приведены полученные зависимости $E_{уд} = f(Q)$ для одного регулируемого насоса марки Д3200-75 при двух значениях давления в напорном коллекторе НС — 33,5 мм вод. ст. и 40 мм вод. ст. (1 МПа \approx 100 мм вод. ст.). Эти зависимости на рис. 1 обозначены соответственно «Рег (33,5 мм вод. ст.)» и «Рег (40 мм вод. ст.)». Следует отметить, что для двух одинаковых регулируемых насосов такую зависимость можно получить удвоением масштаба по оси подачи.

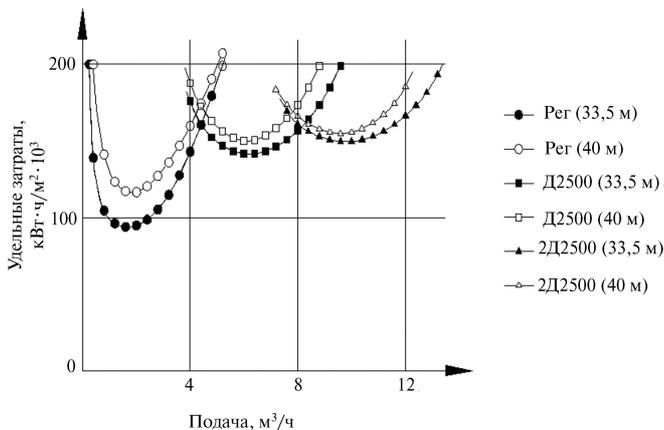


Рис. 1. Изменение удельных затрат группы насосов при двух значениях давления в напорном коллекторе

При подключении к регулируемому НА дополнительно одного нерегулируемого насоса общая потребляемая мощность группы НА равна сумме мощностей регулируемого и нерегулируемого НА. Причем мощность нерегулируемого насоса — постоянная при фиксированном давлении, а мощность регулируемого — варьируется. Аналогично общая подача такой группы насосов равна сумме подачи регулируемого и нерегулируемого насосов. Подача нерегулируемого насоса неизменна в отличие от подачи регулируемого насоса, которая варьируется. Зависимость удельных затрат этой группы насосов от их суммарной подачи представлена в виде кривой Д2500 (33,5 мм вод. ст.) на рис. 1. При этом в качестве дополнительно нерегулируемого насоса использовался насос марки Д2500-62 при напоре 33,5 мм вод. ст. Аналогично получены зависимости удельных затрат от подачи для группы, состоящей из трех насосов: двух нерегулируемых и одного регули-

руемого (см. рис. 1 кривая 2Д2500 (33,5 мм вод. ст.)). Пересечение зависимостей удельных затрат указывает на наличие геометрического места точек с одинаковыми удельными затратами различных групп НА. Величина подачи при выявленном геометрическом месте точек является пороговой. Когда подача превышает пороговое значение необходимо включать дополнительно нерегулируемый НА, что обеспечит снижение затрат электроэнергии на подачу воды.

Проведенные исследования при давлении 40 мм вод. ст. с группой из двух насосов, один из которых регулируемый, и один нерегулируемый. Группы насосов изображены на рис. 1 кривой Д2500 (40 мм вод. ст.). Исследования при давлении 40 мм вод. ст. с группой из трех насосов, из которых два насоса нерегулируемые, представлены на кривой 2Д2500 (40 мм вод. ст.). В обоих случаях наблюдается снижение пороговых значений подачи при повышении давления, что указывает на необходимость проведения дополнительных исследований в части исследования зависимости пороговых значений подачи для области возможных режимов работы НК.

На рис. 2 представлено семейство зависимостей удельных затрат от подачи, различающихся по количественному составу групп (1НА, 2НА и 3НА — 1, 2 и 3 насоса соответственно) одинаково регулируемых по скорости вращения насосов марки Д6300-80-2 при трех фиксированных значениях давления в напорном коллекторе: 30, 35 и 40 мм вод. ст.

Расчетное значение подачи в точках пересечения зависимостей $E_{уд} = f(Q)$ для групп насосов 1НА и 2НА составило:

- при давлении 40 мм вод. ст. 6 403 м³/ч;
- при давлении 35 мм вод. ст. 5 941 м³/ч;
- при давлении 30 мм вод. ст. 5 440 м³/ч.

Расчетное значение подачи в точках пересечения зависимостей $E_{уд} = f(Q)$ для групп насосов 2НА и 3НА составило:

- при давлении 40 мм вод. ст. 11 177 м³/ч;
- при давлении 35 мм вод. ст. 10 370 м³/ч;
- при давлении 30 мм вод. ст. 9 500 м³/ч.

По полученным значениям режимов точек пересечения зависимостей $E_{уд} = f(Q)$ для групп насосов, отличающихся количественным со-

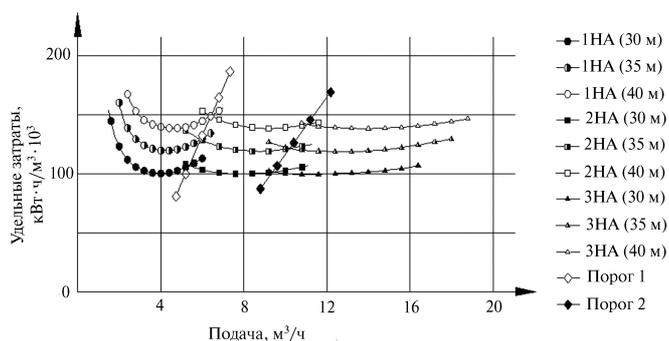


Рис. 2. Изменение удельных затрат группы насосов марки Д6300-80-2

ставом на единицу, в координатах $Q-H$ построим зависимости изменения порогов перехода от группы 1НА к группе 2НА — «Порог 1» и порогов перехода от группы 2НА к группе 3НА — «Порог 2» (рис. 3). На этом же рисунке для примера приведены возможные границы изменения режимных параметров работы НС: верхняя — «Max» и нижняя — «Min».

При работе НК в диапазоне режимов левее кривой «Порог 1» один регулируемый насос обеспечивает требуемую подачу воды с наименьшими энергозатратами. В диапазоне режимов работы НК между кривыми «Порог 1» и «Порог 2» наименьшие затраты электроэнергии на подачу воды обеспечиваются при совместной работе двух регулируемых насосов. Наиболее экономичная работа НК в диапазоне правее кривой «Порог 2» обеспечивается тремя регулируемыми насосами.

Разработанный алгоритм выбора состава рабочей группы насосов, регулируемых по скоро-

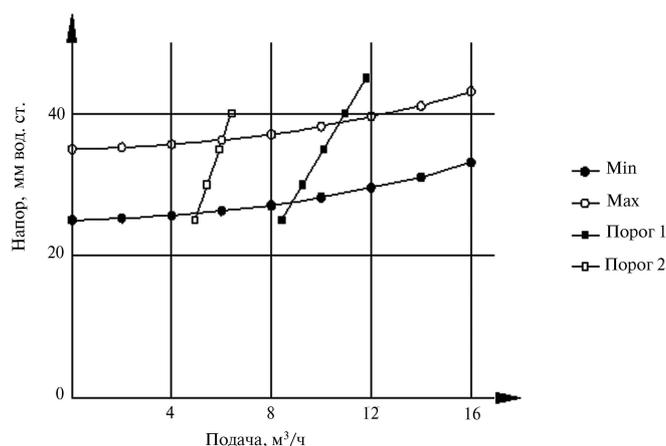


Рис. 3. Пороги переключения регулируемых насосов

сти вращения, позволяет разграничить области допустимых значений $Q-H$ -параметров режимов работы НК на отдельные зоны. Согласно выполненным разработкам выбор состава рабочей группы насосов по приведенному выше алгоритму позволяет разграничить области допустимых значений $Q-H$ -параметров режимов работы НК на отдельные зоны. Для каждой зоны, согласно данному алгоритму, однозначно определяется состав рабочей группы насосов, обеспечивающей требуемую подачу воды с минимальными энергозатратами.

Литература

1. Дытнерский Ю.И. Баромембранные процессы. М.: Химия, 1986. 272 с.
2. Захаров С.Л. Исследование процесса обратного осмоса на мембранах из микропористого стекла. М.: Издат. центр РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2004. 96 с.

Статья поступила в редакцию 30.03.2011 г.