

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ РАЗЛИЧНЫХ НАСОСОВ С ЧАСТОТНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ**

**Титов В.Н.**

**Научный руководитель д-р техн. наук Липовка Ю.Л.**

*Сибирский Федеральный Университет*

Современные системы теплоснабжения представляют собой сложный комплекс установок и устройств, работа которых характеризуется взаимосвязанностью режимов. Нарушение нормального режима работы в одном из звеньев неизбежно отражается на работе остальных частей системы. Положение осложняется также тем, что системы теплоснабжения отличаются большой протяженностью и разветвленностью тепловых сетей. Нагрузка систем теплоснабжения изменяется, как в течении суток и по дням недели, так и в зависимости от температуры наружного воздуха. В таких условиях надежная и экономичная работа систем теплоснабжения возможна только при применении современных систем автоматизированного управления.

Необходимость исследования параллельной работы насосных агрегатов при использовании технологии частотного регулирования вызвана практикой применения подобных схем включения агрегатов для обеспечения переменных нагрузок инженерных систем.

В настоящее время на рынке представлено множество преобразователей частоты, которые различаются по способу и возможности управления насосным агрегатом, но полные функциональные особенности управления с помощью преобразователя частоты еще до конца не изучены.

Целью работы является экспериментальная оценка совместной работы различных насосов с частотным преобразователем.

Для решения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- проверка и сопоставление реальных характеристик насосных агрегатов с заводскими характеристиками;
- уточнение погрешности для более точного подбора насосных агрегатов;
- уточнение влияния изменения гидравлической характеристики сети на насосный агрегат с частотным регулированием и оценка целесообразности использования насосного агрегата для конкретной системы;
- экспресс-оценка возможности совместной работы произвольного числа насосных агрегатов.

Замеры производились на лабораторном стенде Сибирского федерального университета. Экспериментальный стенд включает в себя: группу насосов компании WILLO с мокрым ротором и встроенными преобразователями частоты при различных способах регулирования: трехступенчатой регулировкой частоты вращения и электронным модулем управления; электрический котел; независимый контур теплого пола; одно- и двухтрубная системы отопления и т.д. Совокупность вышеперечисленного оборудования позволила смоделировать различные теплогидравлические режимы и экспериментально проверить диапазоны работы оборудования и т.п.

Первый этап замеров производился для получения экспериментальной характеристики насосов, установленных на стенде, для сравнения ее с паспортной. Для этого включался на максимальную скорость насос Star-RS 30/4. При замере полностью открыт ручной балансировочный клапан MSV-BD, полностью открыт регулятор перепада давления ASV, запорная арматура у неиспользуемых насосов закрыта. После

того, как система стала стабильна, в таблицу замеров заносился полученный перепад давления, который измерялся группой дифференциальных манометров, и расход теплоносителя в системе, который измеряли при помощи теплосчетчика ТЭМ-104-К, максимальная погрешность которого  $\pm 4\%$ . Далее повернув ручной балансировочный клапан MSV-BD на два оборота проводились аналогичные замеры. Замеры повторялись со степенью закрытия клапана 4, 6 и 8 оборотов. Аналогичные замеры производились для насосов Stratos-ECO 30/1-5, TOP-S 30/7, TOP-E 30/1-7, Stratos 30/1-12. По экспериментальным данным были построены графические зависимости (рис.1).

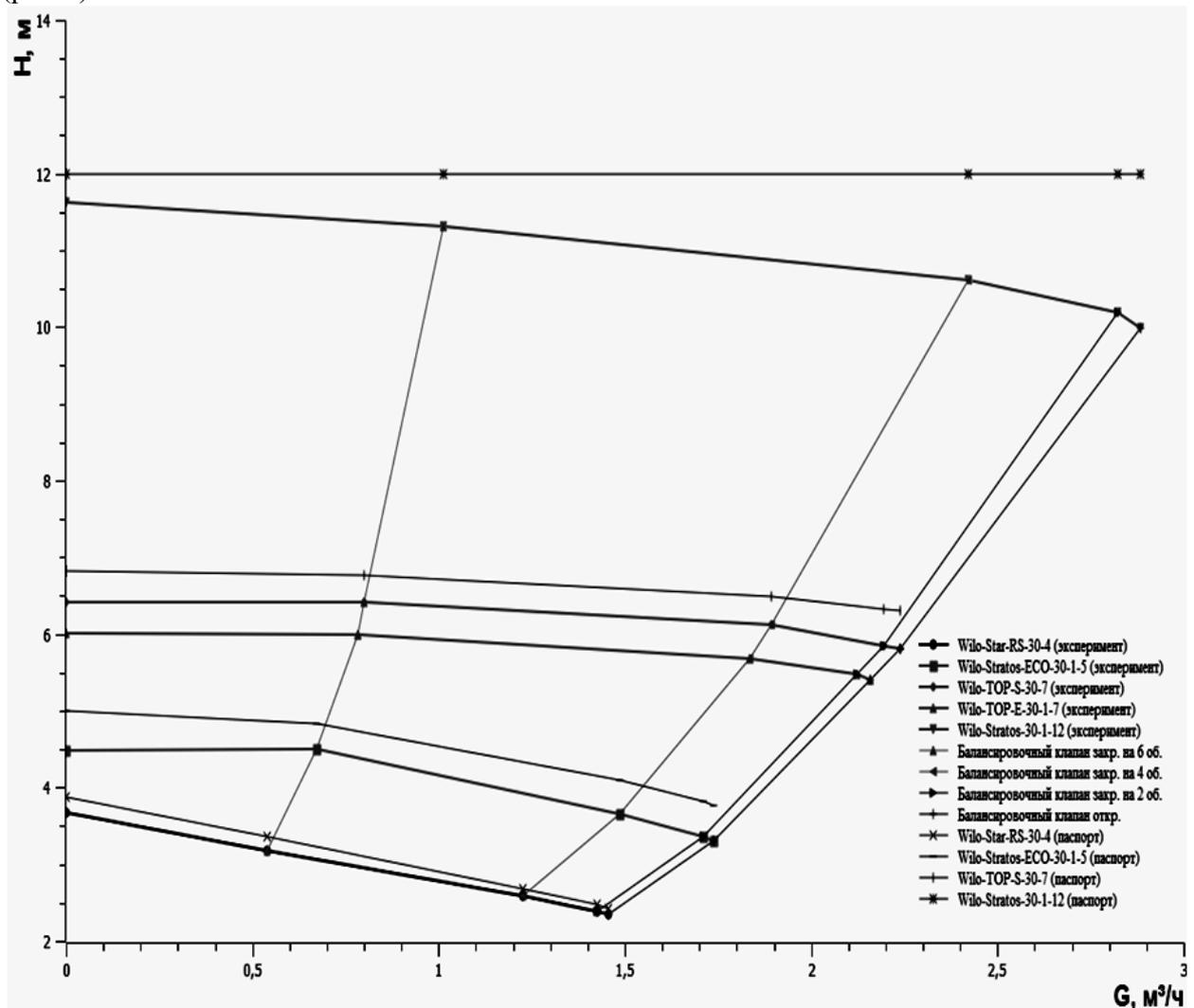


Рисунок 1 - Экспериментальные и паспортные характеристики насосов

Анализируя зависимости можно сделать вывод, что экспериментальные и паспортные характеристики исследуемых насосов близки, что говорит о достоверности проведения замеров.

Проведя анализ первых испытаний отдельной работы насосов, построены экспериментальные рабочие характеристик каждого из насосов. По полученным рабочим характеристикам теоретически выявлено, что в паре могут работать насосы со схожими характеристиками, а именно насосы Star-RS 30/4 с Stratos-ECO 30/1-5 и пара насосов TOP-S 30/7 с TOP-E 30/1-7.

Во втором этапе эксперимента проводились аналогичные замеры, что и в первом этапе эксперимента, только при работе двух насосов. Ход эксперимента состоял в

следующем: одновременно включается пара насосов Star-RS 30/4 и Stratos-ECO 30/1-5 при полностью открытом ручном балансировочном клапане, в таблицу замеров заносится полученный перепад давления и расход теплоносителя в системе. Затем закрывая ручной балансировочный клапан на два оборота замеры повторялись до степени закрытия на четыре оборота. Теоретически выявлено, что замеры для степени закрытия клапана на 6 и 8 оборотов нецелесообразны, так как система имеет большое сопротивление и рабочая точка находится вне зоны совместной работы насосов.

При проведении данного эксперимента было выявлено, что подобранные насосы на незначительное время улучшают гидравлические характеристики системы, но затем характеристики системы начинают постоянно меняться и становятся нестабильными. На основании полученных данных был построен график характеристик работы насосов (рис.2).

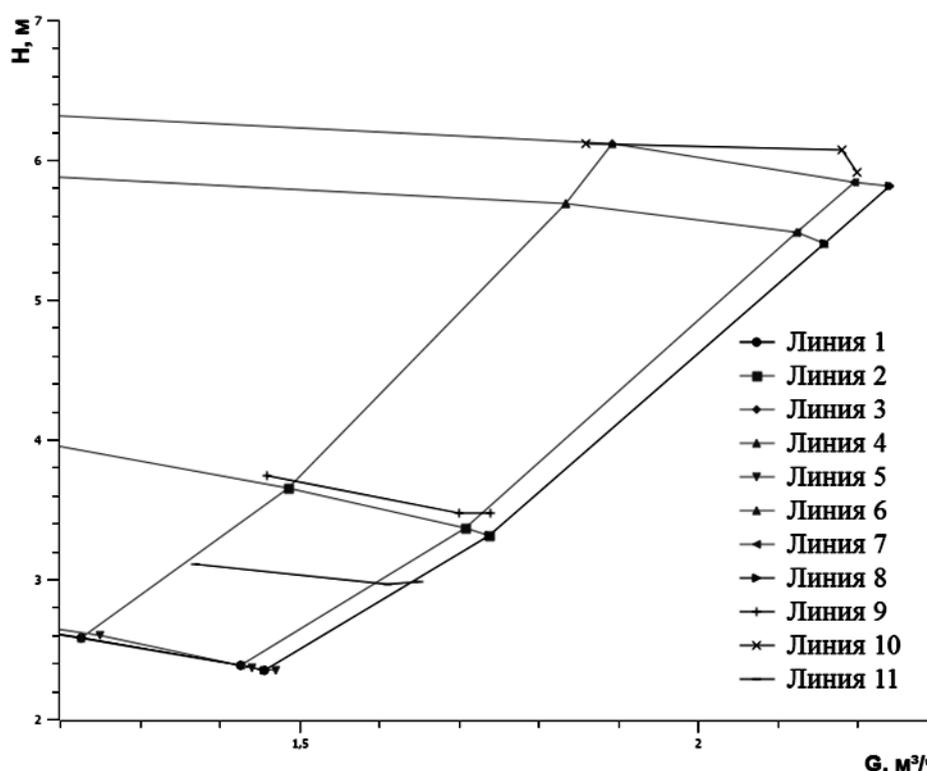


Рисунок 2 - Исследование совместной работы насосов: линия 1 – характеристика насоса StarRS-30-4; линия 2 – характеристика насоса StratosECO-30-1-5; линия 3 – характеристика насоса TOP-S-30-7 (макс. скорость); линия 4 – характеристика насоса TOP-E-30-1-7; линия 5 – характеристика насоса TOP-S-30-7 (мин. скорость); линия 6 – балансировочный клапан закрыт на 4 оборота; линия 7 – балансировочный клапан закрыт на 2 оборота; линия 8 – балансировочный клапан открыт; линия 9 – совместная работа насосов StarRS-30-4 и StratosECO-30-1-5; линия 10 – совместная работа насосов TOP-S-30-7 и TOP-E-30-1-7; линия 11 – совместная работа насосов StarRS-30-4 и TOP-S-30-7

Анализируя полученный результат, способы управления частотного преобразователя, была выявлена причина нестабильной работы насосов. Это связано с тем, что у каждого насосного агрегата стоит свой преобразователь частоты, у которого установлены свои датчики давления, и поэтому, ввиду отсутствия их взаимодействия друг с другом, при проведении эксперимента получилась нестабильность системы. Для получения нужного расчетного результата предлагается принципиальная схема управления совместной работы насосных агрегатов, с различными гидравлическими характеристиками (рис.3).

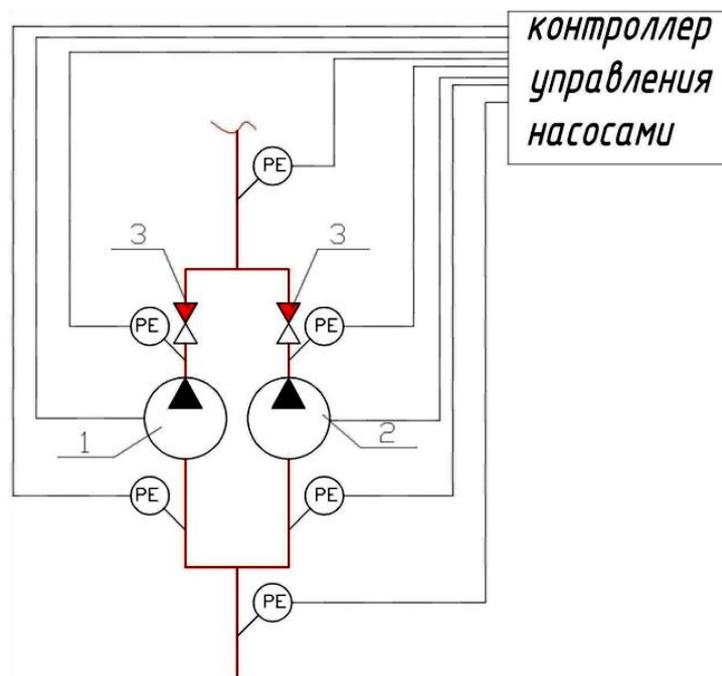


Рисунок 3 - Принципиальная схема управления насосами: 1,2 – насосный агрегат; 3 – обратный клапан; PE – датчик давления

#### Основные выводы

В данной работе удалось:

- проверить и сопоставить реальные характеристики насосных агрегатов с заводскими характеристиками;
- уточнить погрешности для более точного подбора насосных агрегатов;
- уточнить влияние изменения гидравлической характеристики сети на насосный агрегат с частотным регулированием и оценить целесообразность использования насосного агрегата для конкретной системы;
- провести экспресс-оценку возможности совместной работы произвольного числа насосных агрегатов.

На основании полученных данных была построена компьютерная модель, которая подтвердила полученные результаты.

Полученные результаты позволили предсказать возможность совместной работы двух и более пар насосов. В ходе выполнения данной работы был выявлен факт влияния системы на совместную работу насосов. Совместная работа насосов была более нестабильна в системе с большим гидравлическим сопротивлением, что подтверждает сложность настройки совместно включенных циркуляционных насосов, например, в городскую сеть, не имеющей гидравлической балансировки.

В ходе проведения данной работы удалось разработать принципиальную схему управления насосами с различными гидравлическими характеристиками, используя функцию преобразования частоты.

Полученный результат можно использовать при оценке целесообразности замены или дополнения системы насосным агрегатом в сфере жилищно-коммунального хозяйства, а так же в сфере теплоэнергетики. Предложено использование дополнительного насоса с меньшей мощностью, с целью увеличения гидравлической характеристики системы на теплоцентрали, в пиковые моменты потребления тепла от источника. Так же с помощью данного результата исследований можно понять причину ухудшения гидравлической характеристики системы с внедрением дополнительного насосного агрегата.