

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАБОТЫ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ (ПО МАТЕРИАЛАМ АНАЛИЗА РАБОТЫ НАСОСОВ НА ДЕЙСТВУЮЩЕЙ КНС-25 Г.ОДЕССЫ)

Николова Р. А. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Исследована работа насосов с превышением динамической составляющей напора в режиме, не соответствующем их номинальным параметрам. Выявлены причины перерасхода электроэнергии.

Насосные установки страны ежегодно расходуют примерно 20% всей электроэнергии, вырабатываемой энергосистемами страны. Такое высокое энергопотребление этих объектов придает важное народнохозяйственное значение проблеме экономии электроэнергии в насосных установках. К сожалению, большинство насосных установок работает не самым экономичным образом. Так, например, потери энергии за счет применения неэкономичных способов регулирования в системах водоснабжения и водоотведения составляют 5-15% энергии потребляемой насосными установками, а в некоторых из них потери достигают 20-25% [1]. Потери электроэнергии в насосных установках происходят по многим причинам. Основной причиной является расход электроэнергии, связанный с нерациональным повышением напора, который имеет место: при увеличении гидравлического сопротивления системы; при работе насосной установки с превышением динамической или статической составляющих напора; при работе насосов в режиме, не соответствующем их номинальным параметрам.

Нерациональное повышение напора имеет место на насосной станции КНС-25. Причиной увеличения гидравлического сопротивления труб является их внутренняя коррозия, в результате которой снижается пропускная способность трубопроводов и возникает необходимость в повышении напора, чтобы при повышенном гидравлическом сопротивлении обеспечить подачу того же количества воды.

Группой сотрудников кафедры ГС и ВиГ ОГАСА были проведены исследования по определению реального сопротивления напорного водовода при различных режимах работы насосных агрегатов на КНС-

25 [3]. Комплекс выполненных исследований позволил определить, что после 35-летней эксплуатации водовода гидравлическое сопротивление трубопровода возросло на 18%, а сечение трубы уменьшилось на 10 %, что привело к снижению подачи насосной станции.

При рассмотрении режима энергопотребления насосных станций установлено, что на долю основных насосных агрегатов, обеспечивающих перекачку жидкости, расходуется от 75% до 95% всей потребляемой электроэнергии.

Для обеспечения экономичной работы насосной установки должна быть прежде всего *обеспечена экономичная работа основных насосных агрегатов.*

Насосная станция КНС-25 была запроектирована в 1969г. (объект «Неотложные мероприятия по понижению уровня воды Хаджибейского лимана»). На насосной станции установлено 6 насосов (4 рабочих и 2 резервных) типа Д5000-50, с электродвигателями СДН15-39-10 мощностью $N = 1000$ кВт, частотой вращения $n = 600$ об/мин. Напорный водовод, диаметром 1400 мм и длиной 2900 м из стальных труб, проложен наземным способом. Насосная станция перекачивает в зимний период очищенные СВ СБО «Северная» и сбросной сток из Хаджибейского лимана в Черное море. Напорный водовод имеет сложный профиль с перегибом на ПК25 + 60.

Чтобы установить в каком режиме работает насос, необходимо определить режимную точку, которая должна находиться в пределах рабочей зоны (зона максимальных КПД). Преднамеренное изменение подачи и напора насосов в соответствии с новым режимом работы системы называется *регулированием*. Наиболее распространенными на насосных станциях способами регулирования являются дросселирование и изменение количества работающих агрегатов в многодвигательном электроприводе. Оба способа следует отнести к неэкономичным, так как напор ΔH теряется в задвижках, дросселирующих напорные коммуникации.

Прикрывая или открывая задвижку, изменяют крутизну характеристики SQ^2 трубопровода (рис.1), которая зависит от его гидравлического сопротивления. При ζ зая задвижку, увеличивают крутизну характеристики, при этом ζ ая точка A_1 перемещается в положение A_2 . Подача уменьшается до значения Q_2 , напор, развиваемый насосом, возрастает до значения H_2 , а напор на трубопроводе за задвижкой снижается до значения H_1 за счет потерь напора ΔH в задвижке.

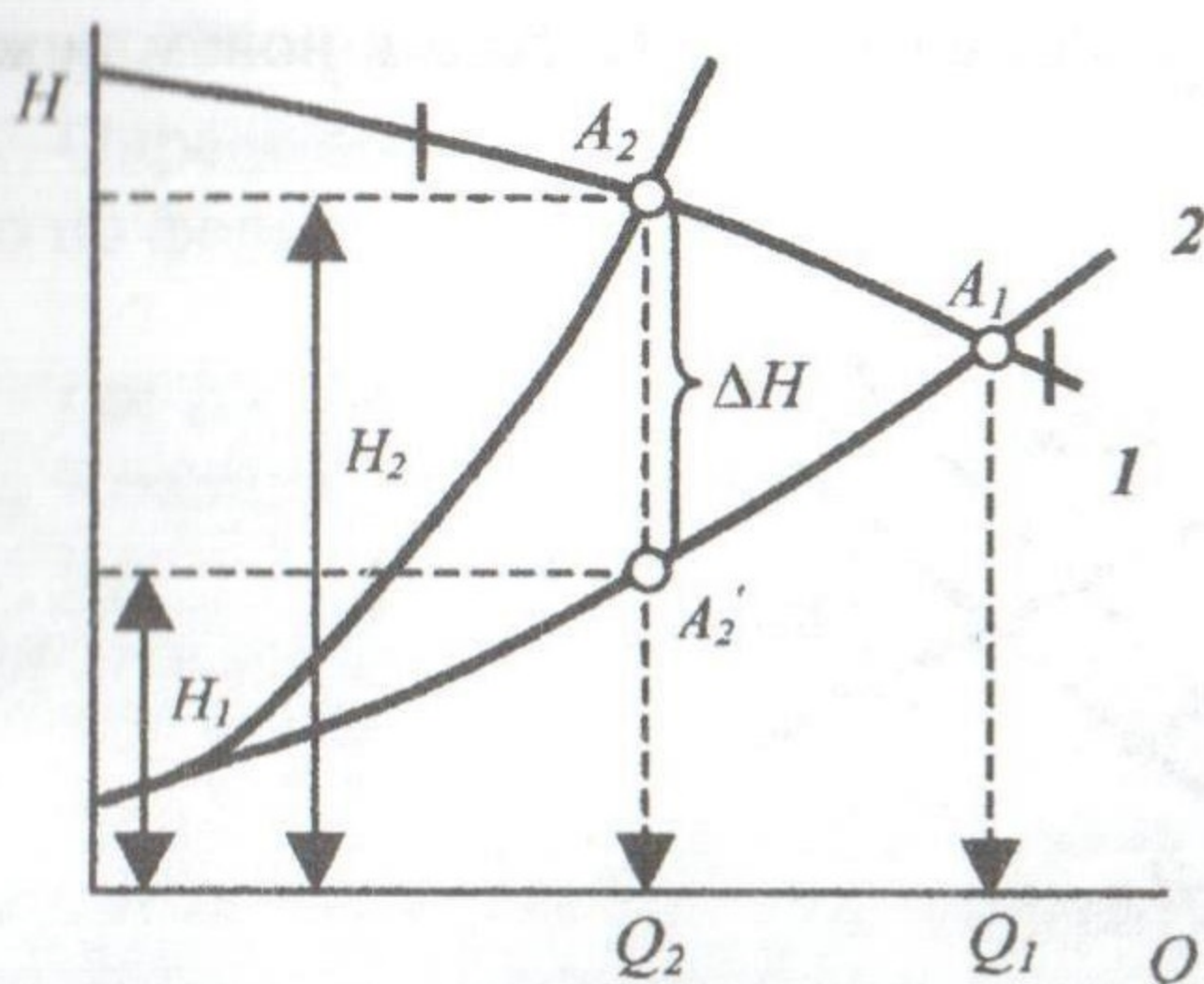


Рис.1. Регулирование режимов работы насоса дросселированием: 1- характеристика Q - H насоса; 2 - характеристика трубопровода SQ^2 ; 3- то же, при уменьшении степени открытия задвижки

На превышение напора нерационально расходуется дополнительная мощность, кВт:

$$\Delta N = \rho g Q \Delta H / 1000 \eta, \quad (1)$$

Если насос работает в течение времени t с превышением напора ΔH , то количество бесполезно теряемой электроэнергии, кВт·ч, равно:

$$\Delta W = \Delta N \cdot t. \quad (2)$$

В течение расчетного периода подача и превышение напора все время меняются. При этом получаемый перерасход электроэнергии за расчетный

период определяется как сумма электроэнергии, расходуемой в разные периоды времени работы установки:

$$\sum \Delta W = (\rho g / 1000 \eta) \sum (Q_i \Delta H_i t_i), \quad (3)$$

где: Q_i , ΔH_i , t_i - подача и превышение напора за промежуток времени t_i .

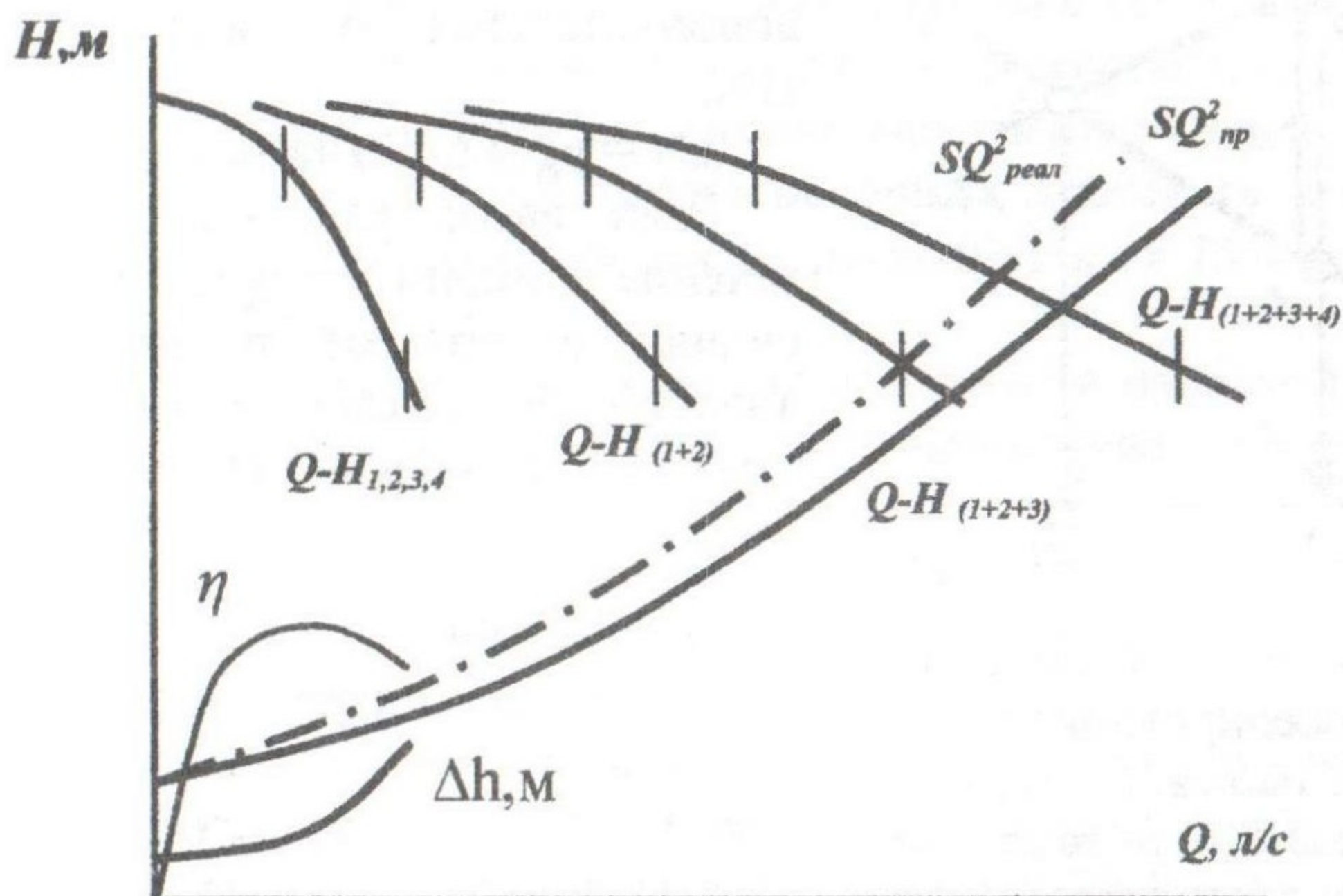
Проектом КНС-25 предусматривалась работа 4-х насосов на водовод в относительно равномерном режиме. Анализ графика совместной работы насосов и водовода (рис.2) показал, что наиболее экономичным является режим работы четырех насосов на водовод, а работа одного и двух насосов на водовод без регулирования недопустима, т.к. режимная точка выходит за пределы рабочей зоны насоса. На КНС-25 регулирование режима работы одного и двух насосов осуществляется дросселированием, что приводит к огромному перерасходу электроэнергии, т.к. при $Q = 1,7 \text{ м}^3/\text{с}$ и $\eta = 0,83$ потеря напора в задвижке составляет $\Delta H = 22 \text{ м}$.

Потеря мощности при регулировании задвижкой насоса составляет $\Delta N = 9,81 \cdot 1,7 \cdot 22 / 0,83 = 442 \text{ кВт}$.

За сутки потеря энергии при непрерывной работе одного насоса составит $442 \cdot 24 = 10609 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$.

По причине финансовых затруднений руководством КНС-25 было принято решение перевести НС на новый режим работы: перекачка только СВ СБО „Северная” двумя насосами. В связи с этим возникла

необходимость исследования и анализа работы насосов в новом режиме.



Исследования работы насосов показали, что данная система не может работать в таком режиме по двум причинам:

1. Перерасход электроэнергии;
2. Невозможность обеспечения бескавитационного режима работы насосов при реальной высоте всасывания.

Известно, что кавитация – это процесс нарушения сплошности потока жидкости, происходящий там, где местное давление понижается и достигает критического значения. Кавитация приводит к разрушению поверхности рабочих колес, лопаток и корпуса насоса. Интенсивность разрушения может достигать 10...40 мм в год. В результате кавитационных разрушений насоса снижаются его параметры и КПД.

Причинами понижения давления на входе в насос могут быть:

1. высокое расположение насоса по отношению к уровню воды в источнике;
2. повышение относительной скорости потока вследствие увеличения подачи насоса;
3. увеличение гидравлических потерь на всасывающей линии;
4. повышение температуры перекачиваемой воды.

Для бескавитационной работы насоса необходимо соблюдение условия

$$H_s^{\text{доп}} > H_s^{\text{реал}}, \quad (4)$$

где : $H_s^{\text{доп}}$ - допустимая геометрическая высота всасывания;

$H_s^{\text{реал}}$ – реальная геометрическая высота всасывания.

Определить допустимую геометрическую высоту всасывания можно по формуле:

$$H_s^{\text{доп}} = 10 - \Delta h - h_{\text{вс}} - h_{\text{н.п.}}, \quad (5)$$

где Δh – кавитационный запас ($\Delta h = 6,5$ м при работе 4-х насосов),
 $h_{\text{вс}}$ – потери во всасывающем трубопроводе ($h_{\text{вс}} = 1,21$ м);

$h_{\text{н.п}}$ – давление насыщенных паров жидкости ($h_{\text{н.п}} = 0,24$ м.вод.ст. при температуре перекачиваемой жидкости $t=20^\circ\text{C}$).

$$H_s^{\text{доп}} = 10 - 6,5 - 1,21 - 0,24 = 2,05 \text{ м.}$$

При работе одного насоса в конце рабочей зоны Δh достигает значения 8 м, а в летний период температура воды повышается и давление насыщенных паров жидкости увеличивается до значения 0,43 м, что еще более усугубляет работу насосов.

$$H_s^{\text{доп}} = 10 - 8 - 1,21 - 0,43 = 0,36 \text{ м.}$$

Отметка оси насоса на действующей станции равна 2,2 м, а минимальный уровень воды в канале (- 0,15 м). Тогда реальная геометрическая высота всасывания составляет $H_s^{\text{реал}} = 2,35$ м. Таким образом, $H_s^{\text{доп}} < H_s^{\text{реал}}$, что противоречит условию 4, обеспечивающему бескавитационный режим работы. При таком режиме работы насос должен быть расположен под заливом. Это одна из основных причин разбалансированности работы системы.

Надо отметить, что определение допустимой высоты всасывания с учетом геодезической отметки расположения насоса и температуры перекачиваемой жидкости является первым и наиболее надежным мероприятием, направленным на ослабление или предотвращение кавитации.

Согласно: п. 7.15, паспорта насоса: длительно эксплуатировать насос на режимах за пределами рабочей зоны характеристики не рекомендуется по причине увеличения нагрузок на ротор и кавитационного разрушения деталей насоса; п.3.12. ВСН №33–2.2.12 - 87*: выбранные насосы должны обеспечивать устойчивую бескавитационную работу во всем расчетном диапазоне подач и напоров, определенном по графику совместной работы насосов и водоводов; п.7.14. СНиП 2.04.02-84: в местах изменения диаметров всасывающих трубопроводов следует применять эксцентрические переходы для предотвращения образования воздушных мешков.

При обследовании на КНС-25 было обнаружено, что эти требования не соблюдены. Выявленные факты (завышение геометрической высоты всасывания по сравнению с допустимой; отсутствие эксцентрического перехода на всасывающей линии; превышение скорости движе-

ния воды во всасывающем трубопроводе в 2 раза по сравнению с допустимой СНиПом; подключение более трех насосов к водоводу при малой величине геометрического напора; разные показания манометров на напорных патрубках однотипных насосов; работа насосов за пределами рабочей зоны и др.) свидетельствуют о наличии кавитационных процессов при работе одного и двух насосов на данный водовод.

Учитывая перечисленные недостатки, а также то обстоятельство, что насосная станция относится к первой категории надежности действия согласно [2] следует предусматривать, как правило, не менее 2-х

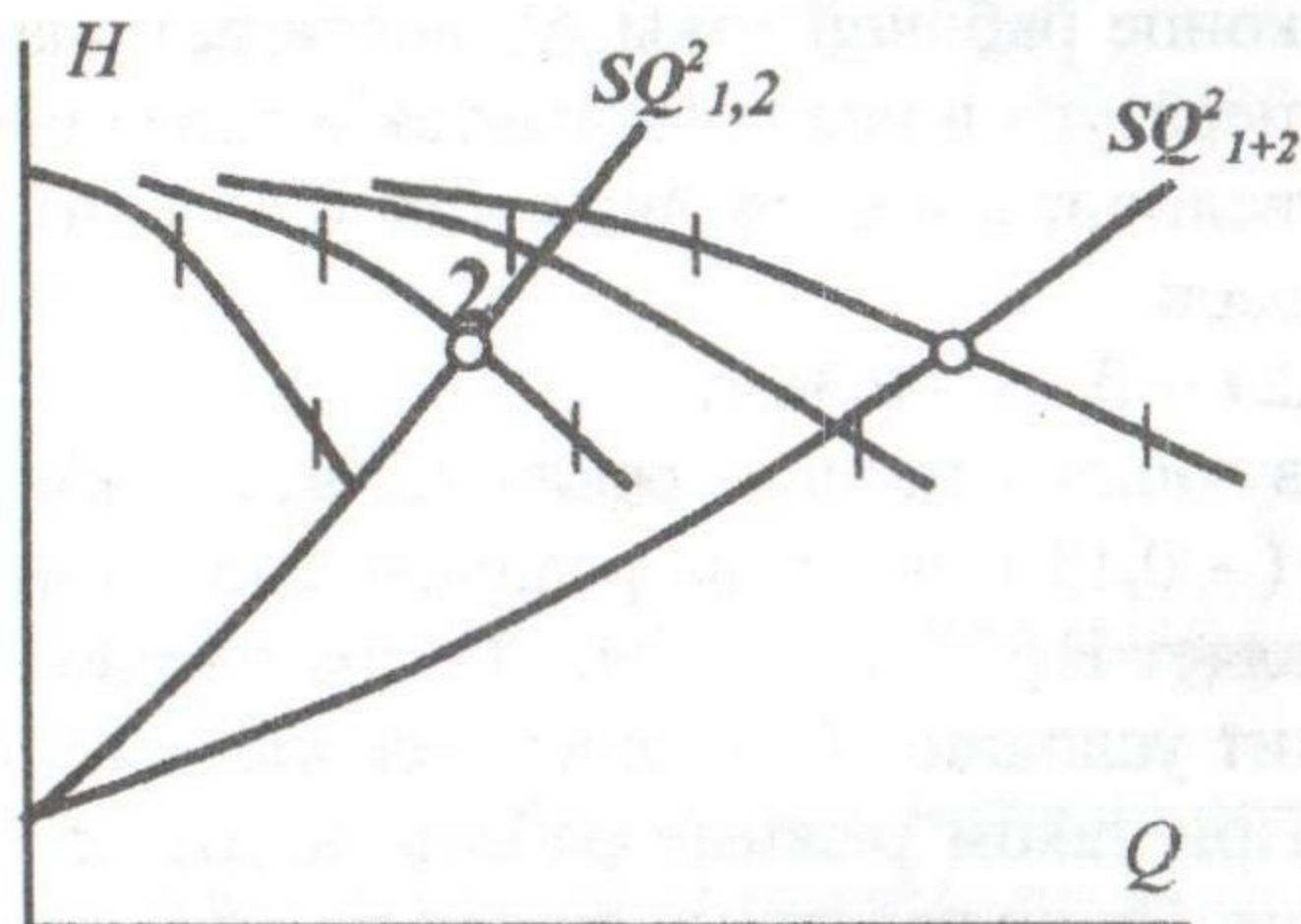


Рис.3. Характеристика параллельной работы 4-х насосов и двух водоводов $d=1000\text{мм}$

ниток напорных водоводов (рис.3.). Работа исследуемой системы была бы наиболее экономичной на 2 нитки водовода диаметром 1000 мм каждая, т.к. величина геометрического напора очень мала. (Отметка оси трубы в точке перегиба равна 4,190 м). К дросселированию в этом случае прибегали бы лишь временно на время запуска второго насоса. И тогда два насоса обеспечивали бы бес-

кавитационную работу в расчетном диапазоне подач.

Выводы

1. Проведенный анализ подтверждает целесообразность использования регулируемых электроприводов (вместо дросселирования), как эффективное средство экономии энергии в водном хозяйстве.

2. Работу КНС-25 следует вывести на проектный режим.

3. С целью обеспечения бескавитационного режима работы насосов при реконструкции следует уложить 2 нитки водовода $d = 1000\text{мм}$.

Литература

1. Лезнов Б.С., Чебанов В.Б., Чурганов А.В. Регулирование режимов работы канализационной насосной установки
2. СНиП 2.04.02-84 Водоснабжение. Наружные сети.
3. Отчет по хозяйственному договору № 3106 «Обследование конструкций водовода Хаджибейский лиман – Черное море», ОГАСА, 2005 г.