

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ СИСТЕМ ГИДРОМЕЛИОРАЦИИ

Арсирий В.А. Сербова Ю.Н. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Анализ изменения эффективности при снижении потерь напора в гидравлических системах на основе КПД насосов дает парадоксальные результаты. Предложен новый показатель гидравлический КПД систем для анализа результатов реконструкции гидромелиоративных систем с целью повышения производительности насосов и снижения затрат мощности за счет снижения потерь напора.

Гидромелиорация широко применяется на территориях с засушливым климатом расположенных на юге Украины. Такие системы предназначены для орошения полей и способствуют увеличению продукции и улучшению ее качества. Одной из проблем в этой отрасли это выросшие затраты электроэнергии на насосных станциях мелиоративных систем.

В настоящее время, для анализа эффективности систем транспортирования (перекачивания) жидких сред, используется только коэффициент полезного действия нагнетателей – КПД_н (насоса). Традиционно коэффициент полезного действия во всех отраслях определяют как отношение полезных параметров к затратам. В традиционной формуле расчета КПД нагнетателей в гидравлических системах к затратам относят мощность электродвигателя $N_{эл}$, к полезным параметрам относят: Q – расход перекачиваемой среды и H – полный напор.

$$\text{КПД}_n = \rho g Q H / N \quad (1)$$

Для анализа рационального использования полезных параметров и в первую очередь величины напора H рассмотрим схему гидравлической системы с насосом и ее основными элементами (см. рис. 1).

Гидравлическую систему можно разделить на три участка.

- 1 участок – Вход – участок от начала системы до вакуумметра;
- 2 участок – Насос – участок от вакуумметра до напорного манометра;
- 3 участок – Сеть – участок от манометра (сечение РТ) до конца системы.

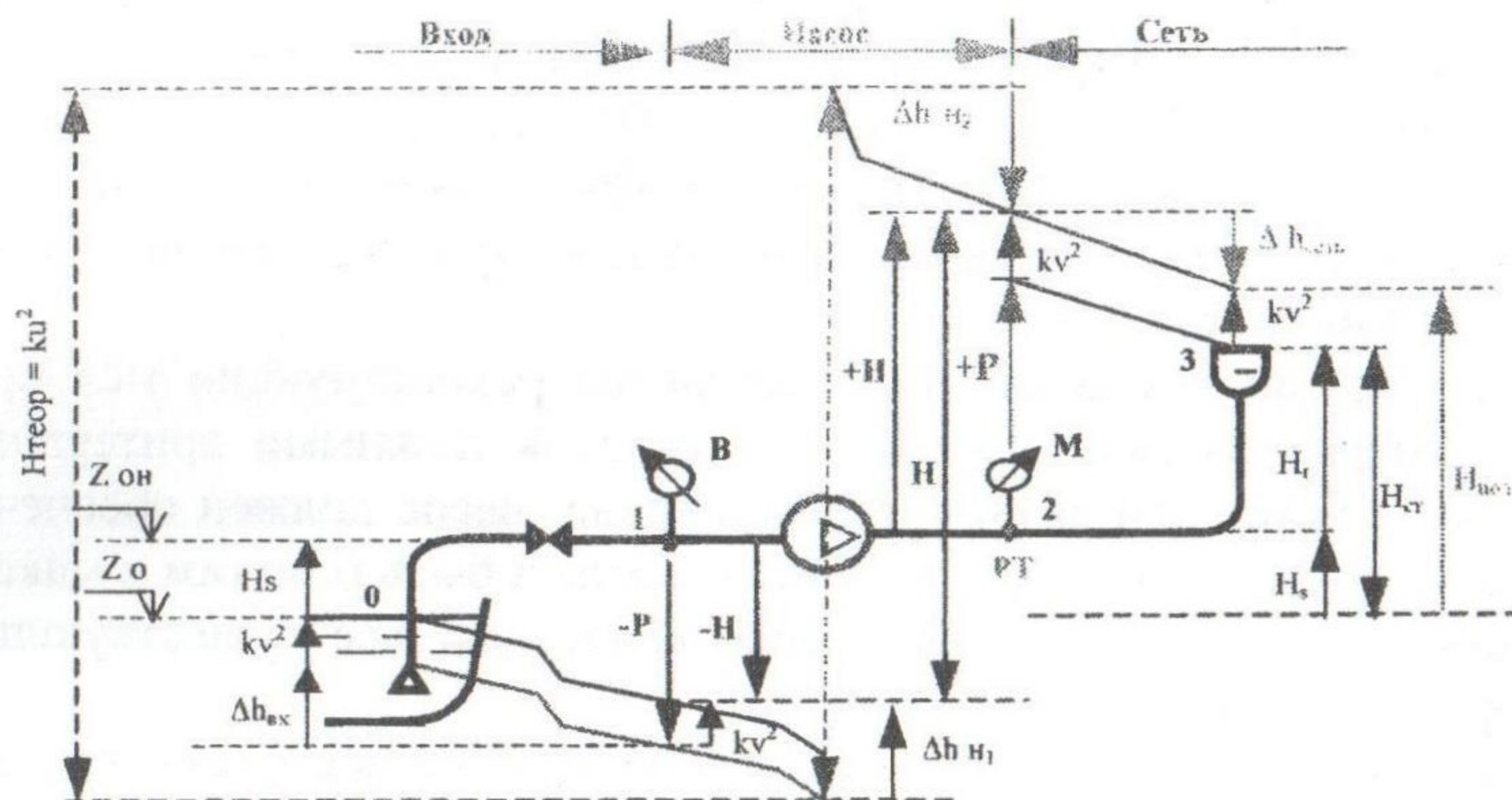


Рис. 1. Схема гидравлической системы

РТ – расчетная или рабочая точка параметров нагнетателя (условно для сечения 2 рассчитываются параметры, которые используются для представления характеристик нагнетателей).

Используя существующие методы представления параметров системы, величину полного напора H нагнетателя можно рассчитать двумя способами.

1 способ. Пользуясь уравнением Бернулли для определения напора нагнетателя по разнице удельной энергии в двух сечениях – в выходном патрубке e_2 где установлен манометр в напорном патрубке (сечение РТ) и входном e_1 в месте установки вакуумметра во входном сечении.

$$H = e_2 - e_1 = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha V_2^2}{2g} = z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha V_1^2}{2g} \quad (2)$$

2 способ. Как суммы составляющих удельных энергии в двух сечениях – в конце и начале системы, и суммы потерь напора во всасывающем и напорном патрубках. (по формуле расчета требуемого напора насоса).

$$H = H_{ст} + (\Sigma h_{w.вх.} + \Sigma h_{w.н.}) \quad (3)$$

где: $H_{ст}$ – полезная часть напора;
 $h_w = (\Sigma \zeta_{вх} + \Sigma \zeta_{сеть}) \rho (Q/S)^2 / 2$ - потери напора входного участка и напорных водоводов;
 ζ –сопротивления проточных частей.

Анализ формул 1, 2 и 3 показывает, что к полезным параметрам насоса причисляют потери напора на напорном участке и во входном участке системы. Формула 1 расчета КПД дает парадоксальные результаты при анализе эффективности работы системы в целом. Рассмотрим пример анализа параметров системы при изменении гидравлических сопротивлений сети.

Проведем анализ возможных вариантов реконструкции мелиоративной гидравлической системы. На сегодня главными критериями подбора нагнетателей являются два условия: насос должен обеспечивать требуемую подачу, при этом КПД должен быть близким к максимальному. По этим критериям запроектированы все существующие мелиоративные системы.

При проведении реконструкции главным критерием является минимальные затраты на ее проведение, а также увеличение подачи при этом КПД не должно уменьшаться (используя традиционную формулу расчета КПД).

Насосные станции мелиоративных систем по типовому проекту оборудованы насосами 14D-6а с числом оборотов $n = 1450$ об/мин.

В настоящее время насос 14D-6а обеспечивает подачу $Q = 1250$ м³/час = 0,35 м³/сек. и напор = 100 м. Для обеспечения этих параметров затрачивается мощность электродвигателя $N = 450$ кВт. При этих параметрах КПД насоса, рассчитанное по формуле 1 имеет максимальное значение $\text{КПД}_{\text{нас}} = 78\%$.

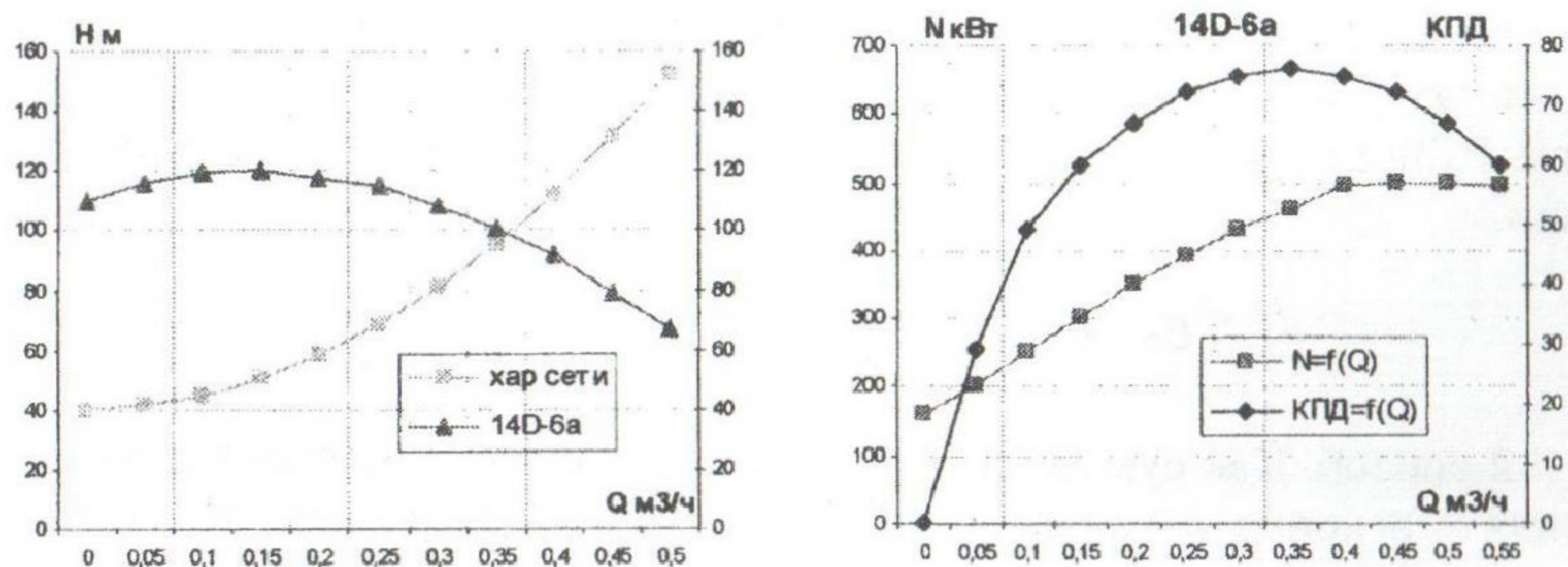


Рис. 2 Характеристики показателей работы насоса 14D-6а
 $H = f(Q)$ характеристика напора; $N = f(Q)$ характеристика мощности;
 $\text{КПД} = f(Q)$ характеристика эффективности (КПД насоса).

Если в системе необходимо увеличить подачу насоса, используя традиционные методики можно предложить следующий вариант увеличения подачи жидкости.

I вариант

Произвести замену насоса 14D-6а с диаметром рабочего колеса $D = 610$ мм на больший насос 14D-6 с большим диаметром рабочего колеса $D = 660$ мм.

Это позволит увеличить подачу жидкости в систему до $Q = 1400$ м³/час = $0,40$ м³/сек, и увеличить напор до $H = 120$ м. При такой величине расхода мощность электродвигателя возрастает до $N = 640$ кВт, то есть увеличивается почти в 1,5 раза. Однако на такую реконструкцию потребуются значительные капитальные затраты, так как насос 14D-6 производится в комплекте с электродвигателем и повлечет замену двух дорогостоящих объектов.

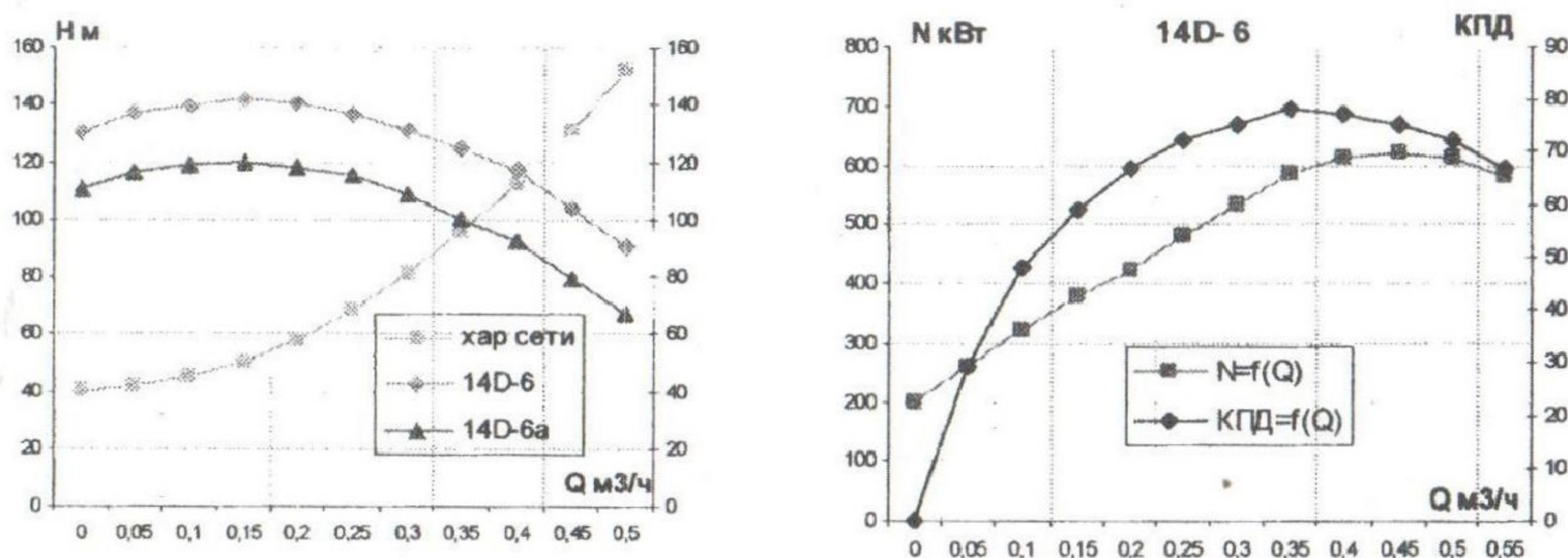


Рис. 3 Характеристики показателей работы насоса

Произведя такого рода реконструкцию КПД насоса, рассчитанное по формуле 1 также имеет значение $КПД_{нас} = 78\%$. Однако текущие эксплуатационные затраты увеличиваются из-за того, что мощность электродвигателя возрастает до $N = 640$ кВт.

Необходимо подчеркнуть, что гидравлическая система и по предложенному варианту реконструкции имеет показатель эффективности $КПД_{нас} = 78\%$, хотя затраты электроэнергии почти в 1,5 раза больше.

2 вариант

Нами предложен нетрадиционный вариант увеличения подачи жидкости в мелиоративную систему, с сохранением существующего насоса D14-6а, за счет снижения гидравлических сопротивлений прочных частей и соответственно потерь напора в системе. При использовании такого способа повышения подачи насоса уменьшится полный напор в системе рассчитываемый по формуле (3), соответственно уменьшится и показатель $КПД_{нас} = 65\%$. В связи с этим этот вариант

не применяется, так как существующий способ анализа эффективности работы системы по показателю КПД насоса дает парадоксальные результаты, которые препятствуют такого рода реконструкции.

Капитальные затраты на такую реконструкцию незначительны и не требуют замены дорогостоящего оборудования.

Уменьшение напора в сети с 100 м. до 65 м позволяет увеличить подачу жидкости в мелиоративную систему с $Q_1 = 0,35 \text{ м}^3/\text{с}$ до $Q = 0,50 \text{ м}^3/\text{с}$. При этом затраты мощности снижаются от $N_1 = 640 \text{ кВт}$ до $N = 480 \text{ кВт}$, то есть обеспечивается более экономичная работа системы. Второй вариант можно отнести к энергосберегающей технологии, так как в этом случае увеличение подачи жидкости будет обеспечено с уменьшением удельных затрат мощности электродвигателя насоса.

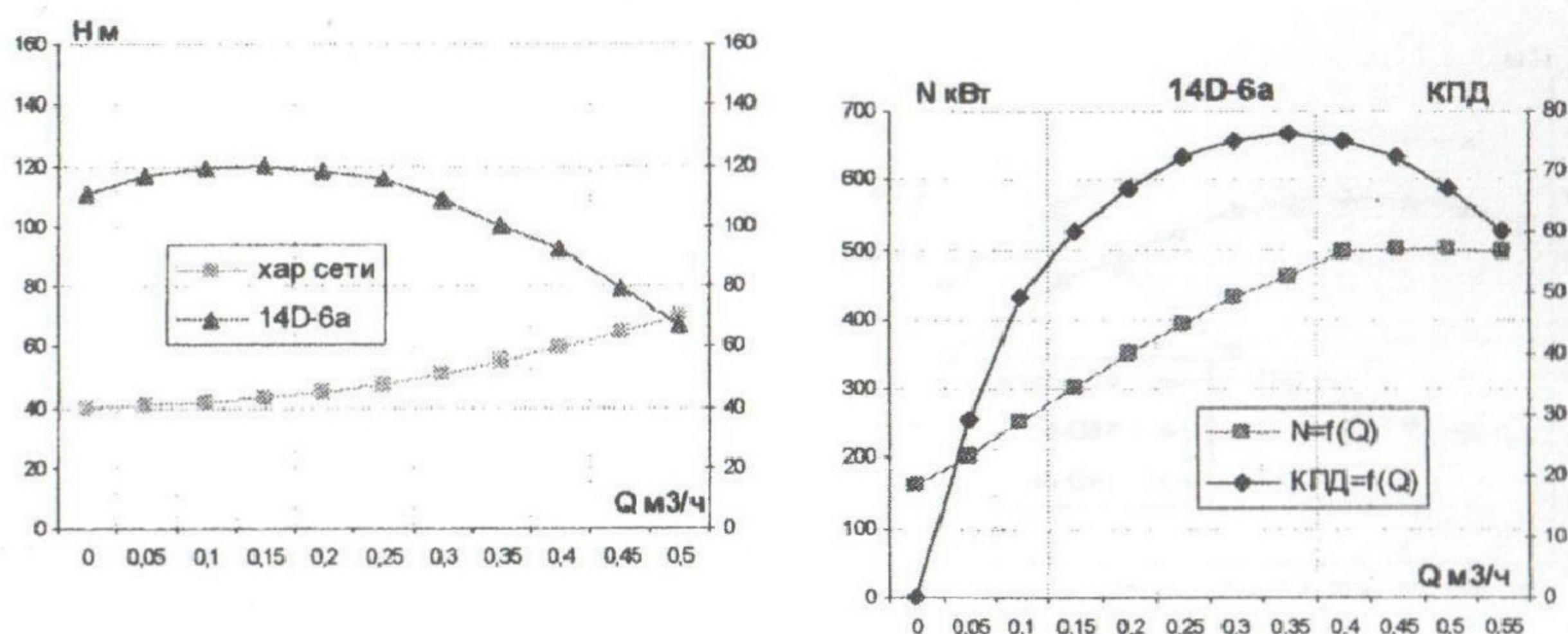


Рис. 4 Характеристики показателей работы насоса Д14-6а и напорных характеристик сети $H_{\text{сеть}} = f(Q)$ характеристика сети

Анализ характеристик, представленных на рис 4 показывает, что анализ эффективности только на основе КПД нагнетателя является не корректным.

В предложенном 2 варианте реконструкции характеристика $\text{KПД}_{\text{нас}} = f(Q)$ показывает снижение показателя эффективности от $\text{KПД}_1 = 78\%$ до $\text{KПД}_2 = 65\%$, вопреки тому, что работоспособность системы сохраняется с увеличением ее производительности за счет повышения расхода с одновременным снижением затрат энергии.

Такое парадоксальное снижение величины КПД насоса связано с тем, что к полезным параметрам работы насоса отнесены потери напора во входном и напорном участках системы. Поэтому показатель КПД насоса (формула 1) не позволяет проводить анализ гидравлической эффективности системы в целом.

Вместо традиционной методики представления эффективности на основе показателя КПД насоса, рассчитанного по формуле 1, предло-

жен новый показатель - КПД системы. Для расчета КПД системы вместо величины полного напора нагнетателя используется только полезная часть напора в системе: статический напор (высота подъема жидкости).

$$\text{КПД}_{\text{сист}} = \rho g Q H_{\text{п}} / N \quad (5)$$

где : Q – расход перекачиваемой жидкости;
 $H_{\text{п}}$ – полезная часть напора в системе.

Используя новый показатель - КПД системы представим результаты анализа эффективности гидравлической системы для двух вариантов реконструкции. На рис.5 представлены характеристики зависимости КПД системы от величины расхода жидкости.

$$\text{КПД}_{\text{сист}} = f(Q).$$

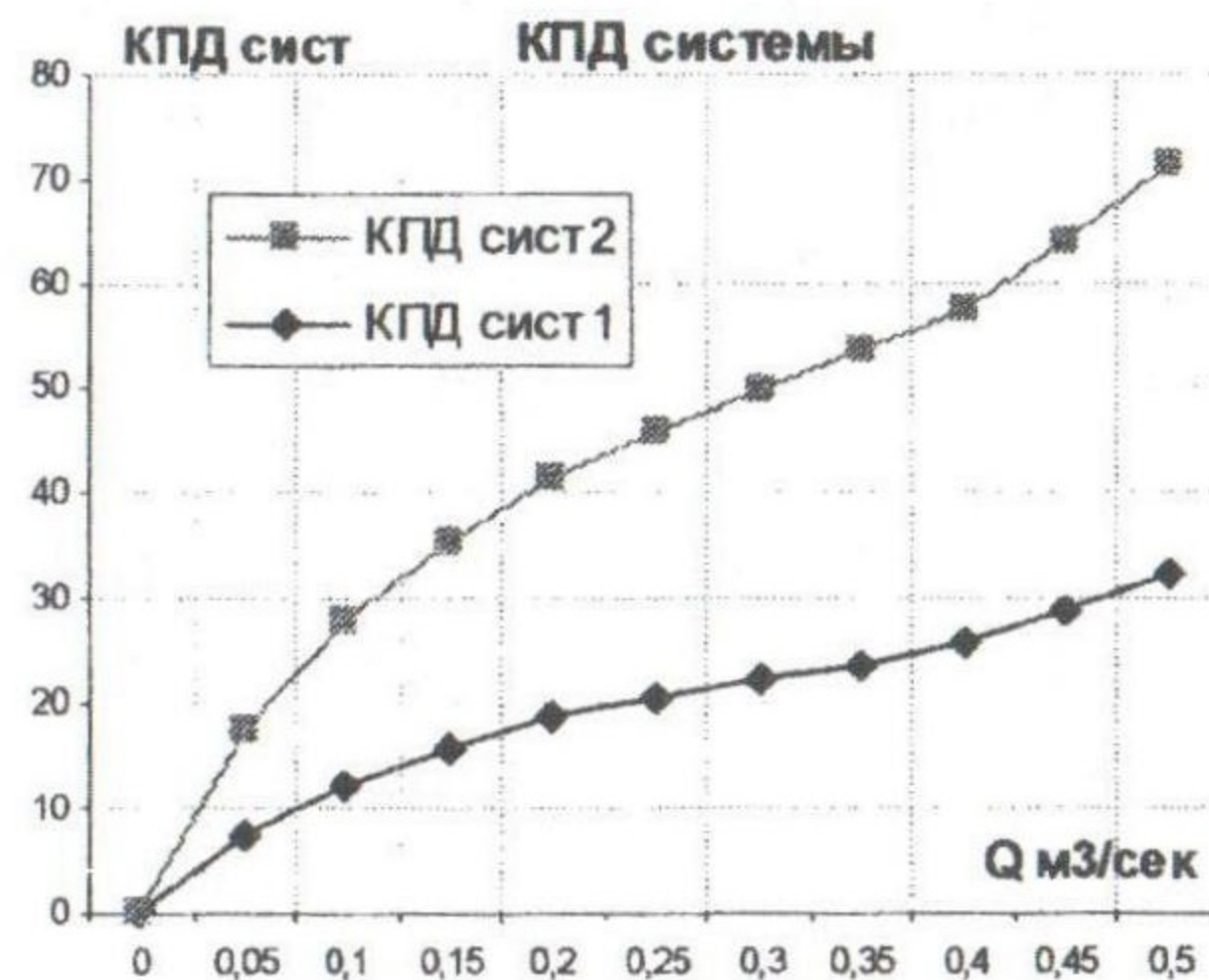


Рис. 5 Анализ изменения эффективности работы гидравлической системы по показателю КПД системы

$\text{КПД}_{\text{сист.1}}$ – эффективность работы системы по 1 варианту реконструкции;

$\text{КПД}_{\text{сист.2}}$ – эффективность работы системы по 2 варианту реконструкции;

Анализ изменения КПД системы для рассмотренных 2-х вариантов реконструкции показал, что второй вариант реконструкции более предпочтителен. Новый показатель КПД системы дает более реальную картину, характеризующую эффективность работы системы. Второй вариант реконструкции основан на уменьшении сопротивлений и соответственно потерях напора в системе (которые нельзя назвать полезными). Гидравлическая система сохраняет работоспособность при

большей подаче жидкости при этом затраты мощности электродвигателей уменьшаются. Таким образом, новый показатель эффективности работы системы – гидравлический КПД системы меняет мотивацию оптимизации параметров работы нагнетателей.

При выборе нагнетателя в гидравлической системе необходимо обеспечить требуемую подачу (расход) и максимально возможное значение гидравлического КПД системы.

Выводы

Вместо показателя КПД нагнетателя, предложен новый показатель – гидравлический КПД системы.

Коэффициент полезного действия насосов КПД_n не корректно отражает эффективность работы гидравлических систем. В формуле 1 к полезным параметрам неоправданно отнесены потери напора трубопроводов до и после насоса, которые влияют на эффективность работы системы в целом. КПД насоса вводит в заблуждение при анализе оптимального сочетания параметров работы системы.

Использование нового показателя эффективности – гидравлического КПД системы меняет мотивация оптимального проектирования системы и выбора нагнетателей. Критериями оптимальной работы насоса и гидравлической системы является обеспечение заданной подачи насоса с минимальными сопротивлениями проточных частей.

Литература

1. Кривченко Г.И. Гидравлические машины: Турбины и насосы. Учебник для вузов. - М.: Энергия, 1978. - 320 С.
2. Арсирый В.А. Расчет напорных характеристик лопастных насосов Холодильная техника и технология №5 (91) 2004 стр 39 – 42
3. Цыбин Л. А., Шанаев И. Ф. Гидравлика и насосы. Учебное пособие для вузов. – М., «Высшая школа», 1976. – 256 с.