Рахнянская О.И., Ширяев В.Н., Трушев В.В., Науменко Н.С.

Экономическое обоснование подбора насосного оборудования для мелиоративных насосных станций

*Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова
ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»
(Россия, Новочеркасск)*

doi: 10.18411/lj-06-2020-43

idsp: ljournal-06-2020-43

Аннотация

В работе, на примере, рассмотрены две схемы орошаемых участков и приведено экономическое обоснование необходимости тщательного подбора энергетического оборудования. Проведены расчеты потерь напора по двум вариантам эксплуатации дождевальных машин. Доказано, что при ошибочном определении фактических эксплуатационных параметров гидромеханического оборудования, отклонения в потребляемой величине электроэнергии могут увеличить затраты в два и более раз.

Ключевые слова: насосная станция, насосный агрегат, дросселирование, дождевальные машины, гидрант, потери напора.

Abstract

In the work, as an example, two schemes of irrigated areas are considered and an economic rationale for the need for careful selection of power equipment is given. The pressure losses were calculated for two options for the operation of sprinkler machines. It is proved that with an erroneous determination of the actual operational parameters of hydromechanical equipment, deviations in the consumed amount of electricity can increase costs by two or more times.

Keywords: pump station, pump unit, throttling, sprinkler machines, hydrant, pressure loss.

Анализ проектных разработок мелиоративных насосных станций показал существенное отличие необходимых гидравлических параметров и параметров насосного оборудования принятого к установке [1]. В практике эксплуатации оросительных систем с машинным водоподъемом, по состоянию на 01.01.2015 г. в РФ насчитывалось 14775 насосных станций, в Северо-Кавказском регионе в федеральной собственности работает 404 станции с общей мощностью 534517 кВт [2]. Установлено, что на непроизводительный расход теряется до 20 % установленной мощности. Кроме того, энергия нецелесообразно тратится из-за присущих неточностям в расчетах и подборе насосного оборудования.

Для более тщательного экономически целесообразного подбора насосного оборудования необходимо проводить анализ режима работы.

Пример анализа режима работы проведен для сети и насосной станции, показанной на схеме (рисунок 1), и предусматривает определение фактических значений параметров сети при работе дождевальных машин, согласно проектного задания.

Эксплуатация дождевальной техники может проводится двумя вариантами:

- при установке машин по 1-му варианту (две машины работают на трубопроводе 1-Кр5 и две на 1-Кр3) (рисунок 1) с магистральным участком от точки «А» до точки «В».

Рисунок 1 – Схема работы оросительной сети по 1-му варианту

Приняв суммарные потери напора, определяется распределение расходов по участкам.

Потери на 1-м участке:

$$h_{w1} = \frac{860 * Q^2 * \lambda_1}{0.4 * 2g * 0.785^2 * 0.4^4} = 6991.2 Q_1^2 * \lambda_1$$

Потери на 2-м участке:

$$h_{w2} = \frac{\lambda_2 * 990 Q_2^2}{0.4 * 2g * 0.785^2 * 0.4^4} + \frac{\lambda_2 * 1080 Q_2^2}{0.4 * 2g * 0.785^2 * 0.5^4} = 6397 Q_2^2 \lambda_2 + 2858,5 Q_2^2 \lambda_2$$

Распределение расходов по участкам:

$$6991.2 Q_1^2 \lambda_2 = 9255,2 Q_2^2 \lambda_2 \quad Q_1 = 1.3 Q_2$$

Из приведенных расчетов видно, что расходы по участкам распределялись неравнозначно (геометрическая высота подъема и свободный напор на гидрантах в расчет не принимаются, так как данные величины равны между собой).

Для анализа режима работы насосной станции по приведенной схеме произведен расчет суммарных потерь напора на участках 1 или 2 имея в виду то, что $Q_1 = 1.3 Q_2$, т.е. $Q_1 = 0,27 \text{ м}^3/\text{с}$, $Q_2 = 0,21 \text{ м}^3/\text{с}$ при проектной суммарной величине расхода $0,48 \text{ м}^3/\text{с}$:

В случае принятия проектных потерь напора на холостом участке $4,74 \text{ м}$ полный напор насосной станции с учетом свободного напора на гидранте и геометрической высоты подъема равен $H_{н.с.} = 4,74 + 14,46 + 45 + 1,6 = 64,2 \text{ (м)}$.

При рассмотрении второго варианта включается в работу две машины на трубопроводе 1-Кр1 и две машины на трубопроводе 1-Кр3. В этом случае подача воды насосной станцией осуществляется так, как показано на рисунке 2.

Рисунок 2 – Схема оросительной сети по 2-му варианту

Аналогично вышеприведенному расчету сеть рассматривается как подключение 2-х параллельных трубопроводов в точке «С». Первый трубопровод 1-Кр1 (1-й участок) и второй 1-Кр3 с магистральным участком от точки «С» до точки «А».

Для определения фактических расходов на участках, определяются и приравниваются, так же как и в первом варианте, потери напора.

Потери на 1-м участке:

$$h'_{w1} = \frac{\lambda'_1 860 * Q_1'^2}{0.4 * 2g * 0.785^2 * 0.4^4} = 6991 Q_1'^2 * \lambda'_1$$

Потери на 2-м участке:

$$h'_{w2} = (6991.2 Q_1'^2 + 1053 Q_2'^2) \lambda'_2 = 8044.2 Q_2'^2 \lambda'_2$$

Приравняв потери напора на участках определяется зависимость для расчета расхода:

$$Q_2' = f(Q_1') \\ h'_{w1} = h'_{w2} 6991.2 Q_1'^2 = 8044.2 Q_2'^2$$

откуда:

$$Q_1' = 1.07 Q_2', \quad Q_2' = 0.23 \text{ м}^3/\text{с}, \quad Q_1' = 0.25 \text{ м}^3/\text{с}$$

Потери напора на участках:

$$h'_{w1} = 6991.2 * 0.248^2 * 0.015 = 6.45 \text{ (м)}$$

Потери напора на холостом участке от здания насосной станции до точки «С», согласно проектных данных 4,74 м. Полный напор насосной станции, при работе дождевальных машин по 2-му варианту определится

$$H_{\text{н.с.}} = 4,74 + 6,5 + 45 + 1,6 = 57,84 \text{ (м)}$$

Полученные значения полных напоров, по двум вариантам работы дождевальных машин, отличны от оптимальных напоров насосной станции (см. нижеприведенную таблицу).

Наибольшее значение часового расхода электроэнергии составит 365 кВт, наименьшее 165 кВт.

Параметры работы насосной станции при параллельной работе 2-х насосов с подачей 0,48 м³/с

Таблица 1

Необходимый напор, м	Диаметр рабочего колеса, мм	Напор насосной станции в оптимальном режиме, м	Превышение оптимального напора над необходимым, м	Часовой перерасход электроэнергии, кВт
64,2	625	120	55,8	328
	581	107	42,8	251
	525	86	21,8	128
57,8	625	120	62,2	365
	581	107	49,2	289
	525	86	28,2	165

Анализ режима работы насосной станции говорит о необходимости определения, при подборе насосов, не только максимальных напоров, но и их величины при конкретной расстановке дождевальной техники, а затем технико-экономическим сравнением, подбирать насосное оборудование. В данном случае для работы 4-х дождевальных машин принимать к установке высоконапорные насосные агрегаты экономически не целесообразно.

Для данной насосной станции необходимо рассмотреть вопрос о установке насосов D1250-65, по характеристике которых видно (рисунок 3) что, при полном напоре 64 м, подача двух насосов составляет 0,78 м³/с, для уменьшения подачи до 0,48 м³/с необходимо увеличить напор дросселированием до 74 м (на 10 м выше). Данный

напор может служить 10% запасом, заложенным в проекте. Рассмотрение рассчитанных фактических параметров по характеристике напорного трубопровода, также приводит к выводу о том, что подача двух насосов D1250-65 соответствует необходимой $0,48 \text{ м}^3/\text{с}$ при напоре 74 м, без дросселирования, при этом в 1-м и 2-м случае мощность одного насоса соответствует величине 220 кВт, что ниже установленной в 2,2 раза.

Рисунок 3 – Фактические параметры одного, двух и трех параллельно включенных насосных агрегатов Д1250-125

Проведенное экономическое обоснование подбора насосного оборудования для мелиоративных насосных станций показывает необходимость тщательного подхода к принятию решений о возможности установки насосного оборудования для оросительных сетей. Очевидно, что необходимость определения фактических параметров по характеристике насоса с принятым к монтажу диаметром трубопровода, существенно влияет на все энергетические характеристики насосной станции. По выше рассмотренному простому примеру видно, что величина дросселирования задвижкой на напорном трубопроводе увеличивает затраты энергии практически в два раза. В данном положении находятся более половины насосных станций, оборудованных центробежными насосами.

1. Разработка и освоение в мелиоративных системах АПК России ком-плекса мер, обеспечивающих безопасное состояние мелиоративных систем и сооружений, качество техники и технологии орошения, эффективное использование мелиорированных земель : отчет о НИР / ГУ «ЮжНИИГиМ» , рук. С.А. Тарасьянц. Новочеркасск, 2001. 135 с. Библиогр.: с. 133. № ГР 01200117513. Инв. № 02200108706.
2. Пашков П.В. Повышение надежности эксплуатации насосных станций оросительных систем на основе совершенствования конструктивно-технологических параметров насосного оборудования [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (06.01.02) / Пашков Павел Викторович – Москва, 2019. – 24 с.