

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ЗА СЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО ПОДБОРА
СКВАЖИННЫХ ЭЛЕКТРОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ
АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ**

Козорез А.С., директор

ЗАО «ГМС - Промбурвод», г. Минск, Республика Беларусь

Ивашко В.С., д.т.н., профессор

Гродненский государственный аграрный университет,

г. Гродно, Республика Беларусь

Козорез А.А., студент

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

Ранее при проектировании и строительстве объектов водоснабжения закладывалось лишь то насосное оборудование, которое встречалось в каталогах заводов производителей. В результате этого, на многих объектах установлено насосное оборудование с большим запасом по мощности, что было бы оправдано при их стопроцентной загрузке. Но сегодня этот запас приводит лишь к огромному перерасходу электроэнергии. Эти обстоятельства требуют рассмотреть вопрос о правильном подборе электронасосных агрегатов и эффективном их использовании. Сегодня предлагается широкий выбор более 150 скважинных электронасосных агрегатов производства ОАО «Завод Промбурвод», а также других производителей.

Прежде всего, необходимо учесть некоторые особенности применения четырех- и шестидюймовых электронасосных агрегатов в десяти- и двенадцатидюймовых скважинах. Из основных различий – это, прежде всего, меньший диаметр агрегата, что влияет на режим охлаждения погружного электродвигателя в скважине большого диаметра вследствие увеличения сечения между поверхностью электродвигателя и внутренней стенкой обсадной трубы и снижением скорости охлаждающего потока воды в этом сечении. Это, в свою очередь, ухудшит условия теплопередачи с поверхности двигателя, что вызовет его перегрев. Если перегрев достаточно велик, то электродвигатель неизбежно выйдет из строя. Скорость охлаждающего потока воды определяется производителем и различна по мощности двигателей. Для двигателей мощностью до 3 кВт она составляет 0,1 м/с, для двигателей от 3 до 18,5 кВт – 0,3 м/с, для двигателей выше 18,5 кВт – 0,5 м/с.

Скорость охлаждающего потока воды определяется как частное от деления производительности электронасосного агрегата (Q , м³/ч) на площадь кольца между внутренним диаметром обсадной колонны скважины (D , м) и наружным диаметром двигателя (d , м):

$$V = 4 Q / 3600 \times 3,14 (D^2 - d^2), \text{ м/с.} \quad (1)$$

Например, при монтаже электронасосных агрегатов ЭЦВ 8-25-70 и ЭЦВ 8-40-55 с двигателем ПЭДВ 9-144, в восьмидюймовую скважину без специального кожуха получим, скорость охлаждающего потока воды соответственно 0,47 и 0,75 м/с, и в десятидюймовую – 0,42 и 0,67 м/с, что больше вышеуказанной минимальной для данного диаметра и мощности. При использовании в этих скважинах четырех- и шестидюймовых электронасосных агрегатов производительностью до 20 м³/ч необходимо применять кожух для увеличения скорости охлаждающего потока воды.

Среди других основных различий параметров и характеристик агрегатов малых диаметров – меньшие номинальные подачи при равных диапазонах напоров, меньший коэффициент полезного действия.

С учетом этого, рассмотрим технические возможности и эффективность использования электронасосных агрегатов в скважинах большого диаметра на примере четырех- и шестидюймовых агрегатов, изготавливаемых на ОАО «Завод Промбурвод».

Большинство агропомышленных потребителей пользуются башенной системой водоснабжения, которая обеспечивает водой, как правило, животноводческую ферму 200...400 голов КРС и прилегающий поселок на 100... 150 жителей. Здесь потребление воды (Q_{CP}) колеблется от 22,5 до 67,5 м³ в сутки, что при непрерывной работе электронасосного агрегата обеспечивается его подача до 3 м³/ч [1]. Отсюда, при проектировании системы водоснабжения, определяются расчетные значения дебита скважины и номинальной подачи электронасоса. Однако, чем крупнее скважина и ее дебит, тем больше обеспечивается капиталовложений в строительство системы водоснабжения в целом. Все системы водоснабжения обеспечивались, как минимум, шестидюймовыми скважинами и соответствующими насосами с подачами от 6 до 25 м³/ч, а также трубопроводами, рассчитанными на такие подачи и соответствующими напорно-регулирующими емкостями, запорной арматурой и другими элементами с многократным запасом по производительности. Противоречия между требуемыми расходами воды и их обеспечением, с позиций больших затрат, должны найти свое разрешение сегодня. В этом и заключается целесообразность поставленной задачи. Здесь, прежде всего, необходимо рассматривать энергетические затраты при замене электронасосных агрегатов на меньшие диаметры.

В башенной системе электронасосный агрегат работает в режиме повторно-кратковременных нагрузок, когда время очередного пуска, после охлаждения электродвигателя, строго регламентируется его частотой включения. Такой режим работы электронасосного агрегата характеризуется временем работы.

Кроме того, режим работы электронасосного агрегата в башенной системе водоснабжения характеризуется подачей при соответствующем напоре. Эти две величины определяют на Q - H характеристике. Благодаря водонапорной башне, которая играет роль буферного, согласующего элемента, рабочая точка насоса фиксирована, (если пренебречь изменением уровня воды в башне в пределах регулирующего объема) несмотря на то, что потребление воды имеет переменный характер. Эту рабочую точку, прежде всего, определяет оптимальный напор (H_o , м), который создается электронасосным агрегатом в трубопроводе и который равен сумме высоты уровня воды в башне, перепада геодезических высот между основанием башни и насосной станции (ΔH , м), глубиной динамического уровня воды в скважине (H_d , м), суммы потерь напора в водоподъемных и сетевых трубах, задвижке, коленах, обратном клапане и др. гидравлических сопротивлениях (Σh_i , м), подпор равный одному метру для насосов производительностью до 100 м³/ч и двум метрам для насосов более 100 м³/ч (Π , м) и определяется по формуле [2]:

$$H_o = H_d + \Pi + \Sigma h_i + \Delta H, \text{ м.} \quad (2)$$

Расчет произведем для шести самых распространенных электронасосных агрегатов ЭЦВ 6-10-80, ЭЦВ 6-10-60, ЭЦВ6-6,5-90, ЭЦВ6-6,5 50, ЭЦВ 4-2,5-80 и ЭЦВ 4-2,5-65.

Допустим, что оптимальный напор равен 60 м. Отметим рабочие точки на напорных характеристиках электронасосного агрегата ЭЦВ 6-10-80, представленных в каталоге [3]. При этом электронасосный агрегат будет работать с подачей (Q_o) 15,2 м³/ч и КПД 40,2 %. Потребляемая мощность (N_P , кВт) составит 5,5 кВт.

Время работы каждого электронасосного агрегата будет определяться временем заполнения (t_3) регулирующего объема (V_E) бака водонапорной башни равного 7,1 м³. Время заполнения емкости определяется:

$$t_3 = V_E : Q_{CP}, \text{ ч.} \quad (3)$$

Это время будет равно 0,46 часа.

Для определения времени паузы (t_{Π}) в работе электронасосного агрегата необходимо знать средний расход водопотребления (Q_{CP}), который рассчитывается исходя из суточной потребности воды и равен $3 \text{ м}^3/\text{ч}$, а также величину регулирующего объема бака. Время паузы определяется:

$$t_{\Pi} = V_E : Q_{CP}, \text{ ч.} \quad (4)$$

Время паузы для всех электронасосных агрегатов будет одинаковым и равным 2,37 часа.

Сумма времени заполнения (t_3) и времени паузы (t_{Π}) даст длительность цикла ($t_{Ц}$), обратная величина которого и будет частотой включения электронасосного агрегата. Максимально допустимая частота включений электронасосного агрегата ограничена предельной величиной, равной трем включениям в час. Это связано с большими токовыми перегрузками при пуске, с возможностью повреждения шпоночного соединения вала электродвигателя с насосом, срезания вала насоса, разрушения резьбового соединения водоподъемного трубопровода вблизи насоса из-за механических перегрузок, возникающих при включении электронасосного агрегата. Поэтому, при эксплуатации погружных электронасосных агрегатов предпочитают избегать их частых включений. Однако, по мере уменьшения габаритов электронасосов, допустимая частота их включений повышается. Так, электронасосные агрегаты габарита 4» имеют частоту до 20 включений в час.

Время цикла определяется:

$$t_{Ц} = t_P + t_{\Pi}, \text{ ч.} \quad (5)$$

Время одного цикла составит 2,83 часа. Число циклов за сутки определяется:

$$Ч_{Ц} = 24 : t_{Ц}, \quad (6)$$

Таких циклов за сутки у электронасосного агрегата будет 8,4.

Время работы агрегата за сутки определяется:

$$t_P = 24 Q_{CP} : Ч_{Ц}, \text{ ч.} \quad (7)$$

Отсюда электронасосный агрегат проработает за сутки 8,5 часов.

Зная мощность каждого электронасосного агрегата и время его работы за сутки, можно рассчитать затрачиваемую на эту работу электроэнергию. Расход электроэнергии за сутки (W , кВт·ч) определяется умножением потребляемой мощности (N_{Π} , кВт) на время работы агрегата за сутки (t_P , ч)

$$W = N_{\Pi} t_P, \text{ кВт·ч.} \quad (8)$$

Для агрегата ЭЦВ6-10-80 расход электроэнергии за сутки составит 46,75 кВт·ч, а для ЭЦВ 4-2,5-65 – 21,99 кВт·ч. Расчеты сведены в таблицу.

Таблица – Расчет эффективности при подборе электронасосного агрегата

Показатели	ЭЦВ6-10-80	ЭЦВ6-10-60	ЭЦВ6-6,5-90	ЭЦВ6-6,5-50	ЭЦВ4-2,5-80	ЭЦВ4-2,5-65
Средний расход воды Q_{CP} , м ³ /ч	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Объем регулируемой емкости V_E , м ³	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
Производительность агрегата, м ³ /ч	10	10	6,5	6,5	2,5	2,5
Напор агрегата, м	80	60	90	50	80	65
Оптимальный напор H_O , м	60	60	60	60	60	60
Производительность агрегата Q_O , м ³ /ч при H_O	15,2	10	9,7	5,0	3,5	2,5
КПД агрегата при H_O , %	40,2	41,8	40,8	29,1	35	32,8
Потребляемая мощность N_H , кВт	5,5	3,65	3,9	2,77	1,72	1,41
Время заполнения емкости t_3 , ч	0,46	0,71	0,73	1,42	2,29	2,84
Время паузы t_P , ч	2,37	2,37	2,37	2,37	2,37	2,37
Время цикла t_C , ч	2,83	3,08	3,10	3,79	4,66	5,21
Число циклов за сутки χ_C	8,4	7,8	7,74	6,3	5,3	4,6
Время работы агрегата за сутки t_P , ч	8,5	9,2	9,3	11,4	13,5	15,6
Расход электроэнергии за сутки W , кВт ч	46,75	33,58	36,27	31,65	23,20	21,99
Экономия, %	0	28,17	22,41	32,29	50,37	52,96

Из выполненного расчета можно сделать вывод, что для данных требований наиболее эффективным оказался электронасосный агрегат ЭЦВ 4-2,5-65. Его экономия составит 52,96% по сравнению с агрегатом ЭЦВ 6-10-80.

Для автоматического подбора оптимального варианта электронасосного оборудования и расчёта его экономической целесообразности на ПЭВМ, в настоящее время разработана программа, которая проходит тестирование. Программа имеет базу данных и удобный интерфейс работающий в диалоговом режиме. Выбор оптимального варианта электронасосного оборудования производится с помощью методики изложенной выше. Результаты расчётов сводятся в таблицу, на основании которой выбирается электронасосный агрегат для конкретной агропромышленной системы водоснабжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васюков В., Гришин А. Целесообразность и технические возможности применения насосов в скважинах большого диаметра. Автоматизация и Производство. М.: Информационное обозрение № 33, 1998. с 35...37.
2. Козорез А.С., Ивашко В.С., Козорез Т.А. Повышение надежности погружных скважинных электронасосных агрегатов применением новых материалов и износостойких покрытий. - Мн.: «Народная книга» 2008. 305 с.
3. Козорез А.С., Гринцевич З.И., Гринцевич В.З. Агрегаты электронасосные центробежные скважинные для воды. Каталог. – Мн.: 2006. 80 с.

Аннотация

Энергосбережение за счет оптимального подбора скважинных электронасосных агрегатов для водоснабжения агропромышленных комплексов

В настоящей статье предложена методика подбора скважинных электронасосных агрегатов для водоснабжения агропромышленных комплексов и выполнен расчет их экономической эффективности.

Abstract

Effect of size and shape of the occipital area of horizontal knife blade to resist cutting and soil compaction

This article proposed method of selection of well electropump aggregates for agricultural water supply and to calculate their cost-effectiveness.

УДК 631.15:33

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОДА ЗЕРНОСУШИЛОК НА БИОТОПЛИВО

Оганезов И. А., к.т.н., доцент

*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Высокая стоимость органического топлива и нефтепродуктов требует более рационального использования местных ресурсов путем совершенствования комплексной переработки сырья. Это приводит к необходимости применения отходов (остатков) растениеводства как для получения новой продукции, так и в качестве твердого биотоплива.

Основным твердым отходом растениеводства является солома зерновых и масличных культур, количество которой превышает выход целевого продукта (зерна или маслосемян) в 1,5-2,4 раза. Поскольку кормовая ценность соломы относительно мала, то около половины ее используется в качестве подстила и возвращается на поля в виде органического удобрения.

По данным, полученным в результате специального анкетирования в Могилевской, Гомельской и Витебской областях, в среднем 19,0-24,5% соломы в хозяйствах используется неэффективно.

В последнее время в хозяйствах Республики Беларусь все чаще солому используют в качестве топлива. Кроме того, солома может служить сырьем для получения целлюлозы.

Энергетическая ценность соломы по принятым оценочным показателям весьма высокая. Сравнительные энергетические характеристики соломы и других основных энергоснабителей приведены в таблице 1.

Теплотворная способность 1 т сухого вещества соломы эквивалентна 445 кг сырой нефти. По показателю теплотворности пшеничная солома (15,5 Мдж/кг) приближается к дровам (14,6-15,4 Мдж/кг) и превосходит бурый уголь (12,5 Мдж/кг). При использовании для сжигания соломы с площади 1 га она способна заменить 1200-1600 л жидкого топлива.