

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ И КОНСТРУКЦИЙ ПОЛЬДЕРНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Э.Н. Шкутов, кандидат технических наук,

В.П. Иванов, кандидат технических наук,

В.А. Деревянко, ст. науч. сотр.

РУП «Институт мелиорации»

г. Минск, Беларусь

Ключевые слова: насосные станции польдерных систем, эффективная работа, экономия электроэнергии.

Введение

В сельскохозяйственном производстве республики используется более 250 тыс. га. пойменных земель, осушенных польдерными системами. Откачку воды обеспечивают около 480 насосных станций. Ежегодное потребление электроэнергии при этом составляет около 20 млн. кВт*ч (в ценах 2013 г. 32 млн. долл. США в год).

Мелиоративная отрасль непрерывно работает над повышением эффективности работы насосных станций. Последним документом, затрагивающим широкий спектр вопросов по данной проблематике, был приказ по Белорусскому государственному концерну по строительству и эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных систем «БЕЛМЕЛИОВОХОЗ» №140 от 20.10.98 г. [1], в котором отмечалось, что большинство насосных станций эксплуатируется (на 1998 г) уже 20-25 лет, при износе оборудования составлял более чем на 80%. Уже в то время, в период ликвидации последствий весенне-летних паводков 1998 г. потребовалась почти круглосуточная работа насосных станций. Это обстоятельство обусловило выход из строя нескольких насосных станций, что увеличило площади подтопления земель на польдерных системах.

В ходе проверок состояния и уровня эксплуатации польдерных насосных станций установлен перерасход энергии (15% и более) и зафиксированы отклонения от штатных режимов работы насосных агрегатов, которые приводили к нарушению водного режима на осушенных площадях, а также к преждевременному износу узлов и деталей насосно-силового оборудования. Было выявлено отсутствие водомерных реек в аванкамерах, повлекшее несоблюдение режима работы насосных станций. Кроме того отмечены низкий уровень ведения оперативной документации и отсутствие паспортов на насосно-силовое оборудование; указано на необоснованно длительные периоды ремонтов оборудования и игнорирование предписания концерна (письмо № 04-5/829 от 13.06.96) по оборудованию насосных печным отоплением. Также в данном приказе [1] была отмечена необходимость уточнения режимов работы насосных станций вследствие существенных изменений природных условий (осадка торфяников) и вида сельскохозяйственного использования

(изменилась структура посевных площадей).

С целью повышения эффективности работы польдерных систем и насосных станций было приказано выполнить следующие мероприятия:

- откорректировать структуру линейной службы подведомственных предприятий;
- провести инвентаризацию и ремонты насосных агрегатов, а также гидротехнических сооружений;
- оборудовать аванкамеры и водовыпуски стационарными водомерными рейками, обеспечив их геодезическую привязку;
- согласовать с сельскохозяйственными предприятиями и проектными институтами изменённые режимы работы польдерных насосных станций, утвердить их и обеспечить повсеместное выполнение;
- провести ревизию клапанов срыва вакуума на сифонных водовыпусках насосных станций, обеспечить их ремонт и безотказную работу;
- провести переоборудование отопления зданий и подсобных помещений отопительными установками, использующими твёрдые виды топлива;
- оборудовать удаленные и особо опасные в паводковом отношении польдерные насосные станции наиболее экономичными средствами связи;
- утвердить формы оперативной документации и перечень технической документации по эксплуатации насосных станций и обеспечить их ведение на всех насосных, в т.ч. и внутрихозяйственных станциях;
- в составе строительных проектов на польдерные насосные станции предусматривать разделы "Автоматизация", "Телемеханизация и связь";
- при назначении производительности учитывать фильтрацию от прилегающих прудов, водохранилищ, водотоков;
- разрабатывать предложения по разукрупнению и техническому совершенствованию польдерных систем.

Особо можно отметить пункты о включении в план НИОКР на 1998 год разработку методики диагностики насосно-силового оборудования за счёт инновационного фонда концерна и приобретении необходимого диагностического оборудования, выделении базового автомобиля для создания передвижной диагностической установки, а также формировании постоянно действующей системы повышения квалификации машинистов насосных станций.

Предписывалось также разработать следующие документы:

1. технические требования и технологию ремонта насосно-силового оборудования и техническую документацию на проведение ремонтных работ непосредственно на предприятиях мелиоративных систем (обеспечить сметной документацией объединения "Мелиоводхоз");

2. технические требования по выводу насосно-силового оборудования из эксплуа-

тации с целью проведения детального обследования и ревизии, а также перечень технических дефектов и неисправностей узлов и деталей, при наличии которых необходимо проведение ремонтных работ;

3. планы ремонта насосно-силового оборудования на 1999 год, утвержденные в подведомственных предприятиях. Повысить качество, технологический уровень при уменьшении сроков ремонтов за счет дополнительного привлечения Каменецкого ремонтного участка и создание обменного фонда и резервного запаса, ремонтно-пригодного насосно-силового оборудования.

В 2012-2013 годах в рамках выполняемых научно-исследовательских работ программы НИР сотрудниками РУП «Институт мелиорации» было проведено экспедиционное обследование состояния и эффективности работы в Республике Беларусь насосных станций польдерных систем в различных погодных и гидрологических условиях с целью изыскать резервы для сокращения затрат электроэнергии на откачку воды. Целью данной работы является сравнение результатов выполненных обследований, с состоянием насосных станций в 1998 г., изложенном в выше приведенном документе [1], и разработка предложений по увеличению энергоэффективности откачки воды из сети польдерных систем Беларуси.

Результаты и их обсуждение

Практически расход электроэнергии является не только единственным техническим параметром, отслеживаемым инструментально и регистрируемым на насосных станциях, но и показателем, функционально связанным с затратами денежных средств, в основном валютных. Поэтому первым направлением анализа состояния дел была сравнительная оценка общих и удельных затрат электроэнергии на перекачку воды из польдерных систем различными насосными станциями. Большинство насосных станций эксплуатируется 35-40 лет, гидросиловое оборудование изношено. К настоящему времени многие из насосных станций работают дольше проектного срока службы. Износ оборудования является очевидной предпосылкой для увеличения удельных затрат электроэнергии на откачку воды из польдерных систем. Тем не менее анализ изменения показателей затрат на работу насосных станций за предыдущую пятилетку, на примере Пинского района показал, что за рассматриваемый период, с учетом колебаний водности лет, и затраты на эксплуатацию (1,1-1,6 млн. \$ USA в год), и расход электроэнергии (6-8 млн. кВт*час/год) носит относительно установившийся характер.

При анализе динамики развития процесса была предпринята попытка отследить влияние изменения интенсивности гидрологических процессов: высота затоплений в последнее десятилетие снизилась почти на 0,5-0,8 м, уменьшилась продолжительность половодий Припяти [2]. Это означает приток фильтра со стороны реки и понижение напоров перекачки. Соответственно это должно было сопровождаться снижением расхода электроэнергии и затрат на эксплуатацию польдерных насосных станций. Однако, несмот-

ря на масштабность явления, значимого снижения затрат электроэнергии не выявлено.

Доля затрат на электроэнергию в суммарных затратах на эксплуатацию польдерных насосных станций постепенно растет, а это значит, что рост её стоимости опережает рост стоимости расходных материалов, услуг и заработной платы при эксплуатации польдерных насосных станций. В этих условиях работы, направленные на экономию электроэнергии, должны быть приоритетными.

Сравнительная оценка общих и удельных затрат электроэнергии на перекачку воды из польдерных систем различными насосными станциями с учетом водности сезонов показала, что и в годы с одинаковой водностью удельные затраты электроэнергии различаются по отдельным насосным станциям до 10 раз. При обследованиях особое внимание было уделено выявлению причин подобных расхождений.

Экспедиционное обследование состояния насосных станций

По результатам обследования установлено, что затраты электрической энергии насосными станциями зависят от множества технических, гидрологических и организационных причин: объема поступающей воды (зависящей от гидрологических условий объекта, состояния и использования подпорных сооружений выходящих в водоприёмник); рабочего напора (в основном, зависящего от конструкции водосбросного узла и работоспособности клапана срыва вакуума у сифонных водосбросов); коэффициента полезного действия насосных агрегатов (зависящего от технического состояния насосных агрегатов), функционального назначения и режима работы насосных станций (например, постоянное поддержание высоких горизонтов воды в водохранилище).

Обобщение результатов обследования насосных станций позволило установить перспективные направления экономии электроэнергии, связанные с конструкцией и обслуживанием насосных станций.

Наибольшую экономию электроэнергии могут принести изменения конструкций водосбросных трактов, реализуемых при реконструкции станций. Целью должна быть минимизация их гидравлического сопротивления и напора перекачивания (уменьшение длины напорных трубопроводов, перенаправление вывода напорного трубопровода, например, с водоналивного водохранилища, непосредственно в водоприемный канал (рис 1).

Дополнением к возможностям изменения конструкции водораспределительных сооружений насосных станций при наливных водохранилищах возникают вопросы потенциальной экономии, связанной с упорядочиванием целей использования водохранилищ, а также об источниках финансирования для поддержания в них требуемых уровней воды. В большинстве своем в настоящее время, наливные водохранилища на мелиоративных системах используются для любительского рыболовства и как рекреационные объекты. Вообще вопросы содержания и использования наливных водохранилищ на песчаных грунтах Полесья – это отдельная, очень непростая проблема, нуждающаяся в решении.



Рисунок 1- Схема водораспределения на насосной станции Жидче-1.

Примечание: Как и на всех остальных объектах с наличием водохранилища, основная идея (с незначительными конструктивными различиями) заключается в откачке воды из осушительной сети через водохранилище. Это дополнительные 3-7 м подъема по сравнению с прямым сбросом в водоотводящий канал.

Поскольку значимые объемы водоподъема приходится на заполнение наливных водохранилищ, то необходимо провести работы по технико-экономическому обоснованию актуальности использования имеющихся водоналивных водохранилищ, которые были построены в составе осушительно-увлажнительных систем.

Однако из опыта нескольких десятков лет следует признать, что по прямому назначению, они (за малым исключением) никогда не использовались и скорее всего уже не будут использоваться. Например, водохранилище «Велута» Лунинецкого района, построенное в 1981 г., ни разу не использовалось для подачи воды в мелиоративную систему «Волчанская», водохранилище «Левки» Стародорожского района, построенное для увлажнения «Подоресской» и «Щитковичской» систем только один раз использовалось по назначению авторами данной работы, причем только в научных целях. Легко привести и другие аналогичные примеры.

Хотя водохранилища могут быть использованы для организации любительского и промыслового рыболовства отчисления на их содержание производятся из общего финансирования. В данном случае арендаторам осуществляют скрытое кредитование из

бюджета. Данную проблему можно решить, если финансирование рекреационных объектов будет осуществляться из специализированных источников или самими арендаторами.

В противном случае продолжение эксплуатации неэффективных конструкций в прежнем режиме продлевает их убыточное (в современных экономических условиях) использование. Необходимо определиться также с назначением каждого из водохранилищ (рыбоводное или хозяйственное использование), а также, как отмечено выше, с источниками финансирования эксплуатации водохранилищ, используемых в рекреационных целях и для любительской рыбной ловли.

Модернизация самотёчной гидравлической связи польдеров с водоприёмниками происходит путем ликвидации водовпускных сооружений при условии отсутствия потребности и случаев их использования в предыдущий (как правило, 30-40 лет) период ее работы, а также восстановления водовпускного/сбросного сооружения для использования самотёчного водосброса или водоподачи (если это возможно и необходимо) (рис. 2). Негерметичные водовпускные сооружения зачастую являются источниками поступления больших расходов воды через защитную дамбу (рис. 2), причем, как правило, в самые напряженные периоды половодий и паводков. Эти сооружения должны обслуживаться также тщательно, как и насосные агрегаты, влияние их на удельные затраты электроэнергии может быть даже большим, чем состояние насосных агрегатов.



Рисунок 2 – Внешний вид впускного сооружения до и после реконструкции

Примечание: Слева через впускное сооружение в канал Б-1 ПОСМЗиЛ поступает значительный расход из р. Бобриск (дождевой паводок 2005 г). Воду откачивала насосная станция «Хвоецкая», Лунинецкий район. Справа тоже сооружение после реконструкции во время дождевого паводка 11.06. 2013 г (просачивание в пределах норматива).

Также необходимо провести обследование и паспортизацию состояния водовпускных сооружений и либо привести их в абсолютно работоспособное состояние (рис. 2), либо заглушить, засыпав вход со стороны водоприёмника. Это позволит надежно исключить поступление через них паводковых вод, а восстановление самотёчной связи водосточника с каналами польдера с помощью экскаватора (в случае необходимости) не будет слишком затратным.

На ряде насосных станций выявлены случаи использования избыточно мощных электродвигателей. Например, на насосной станции «Собельской» используются насосы ОВ6-55к с электродвигателями АО102-6М мощностью 125 кВт, а на насосной «Велута» при тех же насосах используются электродвигатели АВН-3-75 мощностью 75 кВт. Как видим, хотя насосные имеют идентичные параметры по расходам на агрегат и напорам, мощность используемых электродвигателей различается на 50 кВт. Другой пример: на насосной «Горелец» используется насос ОВ-5-47МБ производительностью 2500 м³/час с электродвигателем ЧА-2800 мощностью 55 кВт, а на насосной «Птичанская» используется насос 500Д-90 производительностью 500 м³/час с электродвигателем такой же мощности. Очевидно, что удельный расход электроэнергии в подобном случае выше из-за использования избыточно мощных электродвигателей.

Кроме того заметим, что замена электроотопления на печное должна предусматриваться при работе насосной станции круглый год в случаях поступления в помещение насосной станции фильтрационных вод и при невозможности опорожнения наполненного водой оборудования (насосов, емкостей, трубопроводов). В отапливаемых производственных помещениях следует поддерживать температуру не ниже 5 °С (это, как правило, помещения с высоковольтным электротехническим оборудованием), а в помещениях, где предполагается длительное (более 2 ч) присутствие людей, - не ниже 18 °С. Эту проблему отрасль пытается решить уже не одно десятилетие [1]. Тем не менее, электроотопление используется (постоянно или время от времени) на большинстве обследованных насосных станций как в стационарных, так и в переносных вариантах обогревателей (рис. 3).



Рисунок 3- Использование электроотопления на польдерных насосных станциях в настоящее время.

По нашим оценкам полноценное использование всех установленных мощностей обогревателей в течение всего холодного периода может дать до 30% всего энергопотребления. Разумеется, его стараются использовать по минимуму. Тем не менее это один из наиболее значимых и очевидных резервов уменьшения расхода электроэнергии. Данная возможность пока реализуется только в новых небольших насосных станциях, на которых предусматривается проектом печное отопление только комнат отдыха.

Разумеется, замена электроотопления печным потребует определенных затрат и дополнительных мероприятий: разработки типовых проектов печного отопления, согласований с МЧС, заготовки и хранения дров, ужесточения техники безопасности и др. Возможно по деньгам выигрыш от такой замены будет не слишком велик [3]. Но будет заменена часть (по предварительным оценкам до 5-15%) из затрат импортируемой электроэнергии на энергию местных источников.

В период весеннего половодья 2013 г. года во время экспедиционных обследований нередко наблюдались случаи длительного затопления площадей польдерных систем, в т.ч. и посевов озимых, несмотря на практически круглосуточную работу насосных станций.

По данным обследований в ходе весеннего половодья 2013 г. на станциях Брестской, Минской и Гомельской областей эффективно работало только около 30% насосных агрегатов, ещё треть работали с очень низким КПД (по нашему мнению из-за износа крыльчаток и корпусов). Это связано с затяжными и некачественно выполняемыми ремонтами насосного оборудования (крыльчаток и корпусов). Ремонты насосных агрегатов в основном проводятся силами ПМС. На рис. 4 (а, б) приведены примеры ремонтов крыльчатки насосов силами ПМС.

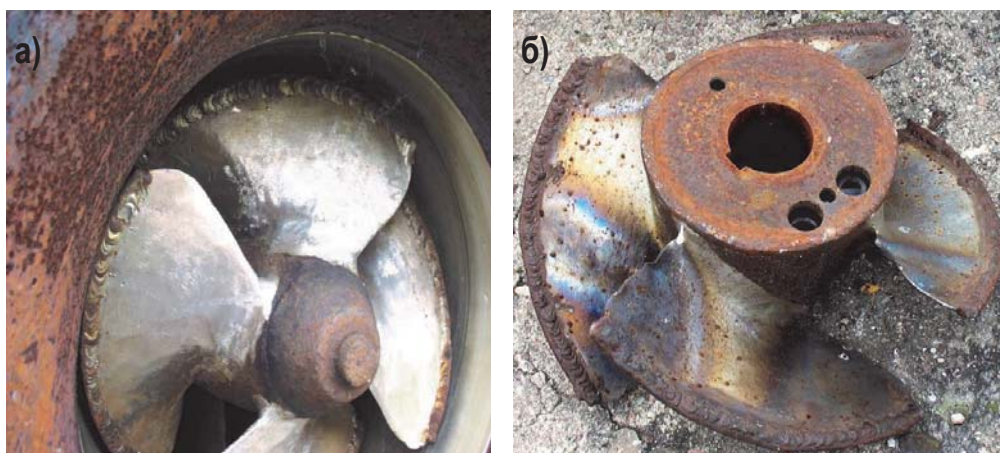


Рисунок 4 – Вид крыльчатки насоса после ремонта

а) Наплавленная лопасть крыльчатки насоса

Примечание: Имеет практически необработанную кромку лопастей и недопустимо большой зазор $\approx 4,5$ мм между кромкой лопасти и корпусом (при допустимой величине 0,4 мм).

б) Вид погнутых радиальных граней лопастей

Примечание: При ремонте крыльчатки произведена наплавка лопастей крыльчатки по контуру, но лопасти остались погнутыми. Это существенно снизит КПД насоса.

Половина, если не более, насосных станций с сифонными водосбросами, обследованных в 2012-2013 гг., имеют неисправные клапаны срыва вакуума. Поэтому насосные работают заведомо с пониженным КПД из-за повышенного подъема воды при перекачке.

Состояние средств измерения, используемых на насосных станциях, следует признать неудовлетворительным. Хотя практически на всех насосных имеются водомерные рейки в аванкамерах насосных станций, но их пригодность для измерений уровня воды в бьефах насосных станций вызывает сомнение (рис. 5-6).



Рисунок 5 – Типичное размещение и состояние водомерных реек в аванкамерах обследованных насосных станций



Рисунок 6 – Варианты размещения и состояние водомерных реек в верхнем бьефе насосных станций

Все насосные станции и даже насосные агрегаты оснащены вольтметрами и амперметрами. В принципе этот набор приборов мог бы дать информацию о возникающих неполадках или ухудшениях характеристик насосов. Но нет данных о первоначальных показаниях приборов, полученных сразу после установки агрегата, и нет данных о показаниях, полученных при выходе насоса из оптимальной зоны КПД. Шкалы приборов не позволяли определить отклонение тока от проектных значений даже в случаях очевидных отклонений КПД насосных агрегатов от оптимальных значений. Также эти приборы на большинстве старых станций не поверяются и в основном выведены в разряд индикаторов (рис. 7). На недавно построенных станциях рабочие токи насосных агрегатов зачастую находятся вне рабочего диапазона амперметров (рис. 7, справа).

Все насосные станции и даже насосные агрегаты оснащены вольтметрами и амперметрами. В принципе этот набор приборов мог бы дать информацию о возникающих неполадках или ухудшениях характеристик насосов. Но нет данных о первоначальных показаниях приборов, полученных сразу после установки агрегата, и нет данных о показаниях, полученных при выходе насоса из оптимальной зоны КПД. Шкалы приборов не позволяли определить отклонение тока от проектных значений даже в случаях очевидных отклонений КПД насосных агрегатов от оптимальных значений. Также эти приборы на большинстве старых станций не поверяются и в основном выведены в разряд индикаторов (рис. 7). На недавно построенных станциях рабочие токи насосных агрегатов зачастую находятся вне рабочего диапазона амперметров (рис. 7б).

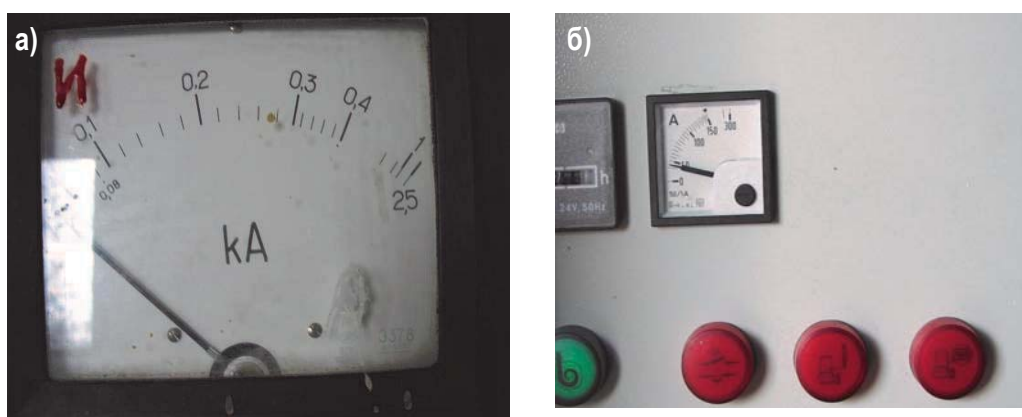


Рисунок 7 – Амперметры на насосных станциях

а) Амперметр насосного агрегата станции Жидче 1

Примечание: Буква «И» означает, что прибор переведен из разряда измерителя в разряд индикатора и не подлежит поверке.

б) Амперметр насосной станции на канале Б-1 ПОСМЗмЛ

Примечание: Рабочий ток насосного агрегата вне рабочего диапазона амперметра. Оценить изменения тока при различных режимах работы насосно не представляется возможным.

Аналогичная ситуация связана и с манометрами, установленными на всасывающих и напорных трубопроводах. Манометры, установленные для оценки режимов работы, не используются и не поверяются (рис. 8).

По результатам обследования можно сделать общий вывод, что в настоящее время на насосных станциях польдерных систем практически нет измерительных средств, которые могли бы дать информацию, позволяющую, хотя бы косвенно, оценить состояние оборудования и эффективность работы насосной станции.

Документация по режимам работы насосных станций ведется, однако в большинстве своем формально. Хранится недолго. Поэтому на практике провести какой-либо анализ по динамике состояния насосных агрегатов, используя ведущуюся техническую документацию, не представляется возможным.

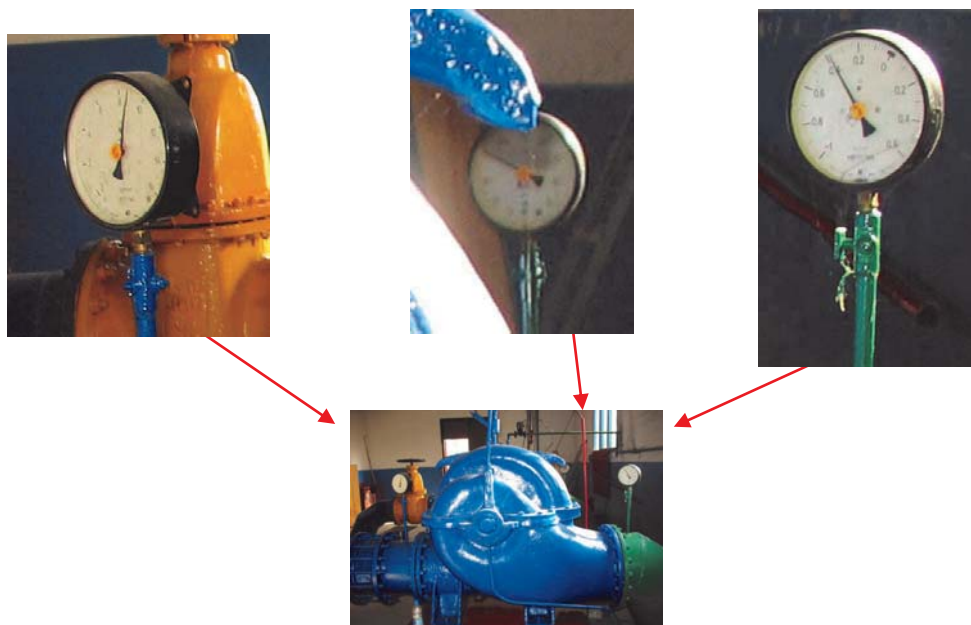


Рисунок 8 – Манометры на насосном агрегате, показывающие давление при неработающей насосной станции

Беседа с обслуживающим персоналом показала, что некоторые сотрудники недостаточно квалифицированы (могут только безопасно включить и выключить насосный агрегат) и не имеют представления о вопросах поддержания водного режима на обслуживаемой площади сельскохозяйственных угодий.

Таким образом из мероприятий, намеченных в приказе [1], выполнены пункты, касающиеся расширения штата специалистов, организации связи (используются мобильные телефоны) и в некоторой степени ведения документации и ремонтов силами ПМС. Другие вопросы остаются открытыми до настоящего времени.

Экономия электроэнергии не является безусловным критерием оптимальности работы насосных станций, иначе решение было бы очевидным, в духе проектов ПРООН: закрытие насосных станций и заболачивание полей. Пolderные системы создавались с целью обеспечения возможности ведения интенсивного сельскохозяйственного производства на плодородных пойменных землях. Следовательно, необходимо минимизировать расход электроэнергии на производство при приемлемом (заданном) уровне продуктивности осушенных площадей. Экономия электроэнергии при эксплуатации полей может складываться из нескольких составляющих: минимизации объемов откачиваемой воды за счет размещения выращиваемых культур с учетом гидрологических условий, эффективного управления уровнем режимом на осушенных площадях и откачки требуемых объемов при максимальных КПД насосных агрегатов, а также снижения затрат электроэнергии на обслуживание насосных станций.

Вопросы минимизации требуемых объемов откачек в данной работе не рассматриваются из-за ограниченного объема статьи. Некоторые рекомендации по этой проблематике можно найти в [4, 5]. Более подробно эти вопросы будут рассматриваться в дальнейших публикациях.

Для обеспечения высоких КПД насосных агрегатов необходимо, в первую очередь, выполнить предписания приказа [1]. Однако некоторые положения этого документа, на наш взгляд, уже нуждаются в уточнении.

Очень важным и практически беззатратным мероприятием является обеспечение возможности отслеживания изменений во времени косвенных показателей работы насосных агрегатов на протяжении длительного периода времени. Предприятиям мелиоративных систем для обеспечения анализа динамики изменения во времени рабочих характеристик насосного и электромеханического оборудования необходимо обеспечить соответствующую длительность хранения документации по работе и обслуживанию всех используемых насосных агрегатов, соизмеримую со сроком их службы (до 50 лет). Это позволит прогнозировать сроки ремонтных работ по каждому агрегату даже в условиях частой смены обслуживающего персонала, учитывать влияющую на скорость износа специфику работы насосных агрегатов на конкретных польдерных системах.

Для улучшения информационного обеспечения обслуживающего персонала, с целью облегчения оценки условий работы и использования насосных агрегатов в оптимальных зонах напорно-расходных характеристик предлагается внести следующие изменения в документы, представленные в приказе[1]:

Дополнить паспорта насосных станций следующей информацией:

- Актуальной геодезической привязкой водомерных реек верхнего и нижнего бьефов (рисунки 5-6), порогов и верхней грани затворов самотечных водовпускных сооружений (если они имеются и коробчатого типа) в полностью закрытом состоянии. Эта информация позволит решать ряд оперативных задач по снижению объёмов откачки, безопасности и оценки КПД насосных агрегатов.

В периоды высоких весенних половодий и катастрофических дождевых паводков по водомерной рейке верхнего бьефа оценивать запас прочности самотечных впускных сооружений и в случае необходимости принимать меры для ликвидации угрозы поступления больших расходов воды из верхнего бьефа насосных станций. Как правило, водосливные грани коробчатых затворов впускных сооружений ниже бровок ограждающих дамб польдерных систем, поэтому затопление польдеров может начинаться до перелива через бровку дамб (рис. 2). По показаниям рейки нижнего бьефа оценивать уровень угрозы затопления здания насосной станции. По разности показаний водомерных реек определять текущую физическую высоту подъёма воды, далее по расходно-напорной характеристике насосов определять паспортный расход насосного агрегата.

- Расходно-напорными характеристиками насосных агрегатов.
- Характеристиками электродвигателей.
- Характеристиками измерительных приборов и связью их показателей с режимами работы насосных агрегатов.
- Кратким описанием методик контрольного измерения фактических расходов насосных агрегатов и использования измерительных приборов для оценки эффективности использования электроэнергии.

Должностную инструкцию машиниста насосной станции дополнить следующими обязанностями:

- В соответствии с указаниями принимать участие в управлении водным режимом на осушенных площадях польдерной системы, путем измерения и регистрации уровней грунтовых вод и уровней воды в каналах, по распоряжению руководителей изменении положений затворов подпорных сооружений на открытой сети для уменьшения объемов откачек и обеспечения безопасности насосной станции и посевов.
- Во время весеннего половодья и дождевых паводков периодически контролировать состояние самотёчных водовпускных сооружений (если они имеются в составе системы) и не допускать поступления через их затворы воды из верхнего бьефа (рис. 2);
- Постоянно контролировать состояние и работу клапанов срыва вакуума (визуально и на слух наличие устойчивой герметизации сифонного водосброса в точках установки клапанов и по выбросу воздуха из водосбросных труб), а в случае обнаружения неисправности принять меры к ее устранению самостоятельно, либо сообщив непосредственному руководителю;

Два последних дополнения направлены на недопущение таких нарушений режимов работы польдерных систем, срочное устранение которых требует мизерных затрат, а перерасход электроэнергии в случае их игнорирования может достигать 8-50% годового расхода.

Актуализировать выполнение следующих пунктов приказа №140 [1]:

Уменьшение текучести кадров машинистов насосных станций и увеличение числа опытных сотрудников позволит эксплуатировать насосные агрегаты в режимах близких к максимальным КПД, своевременно выявлять недопустимый уровень износа насосного оборудования и направлять его на ремонт. При формировании системы оплаты следует ввести элементы поощрения за работу с исправными клапанами срыва вакуума и наказаниями за неработающие клапаны.

Необходимость дооснащения аванкамер и водовыпусков водомерными рейками по-прежнему актуальна на многих насосных станциях. Данный пункт следует дополнить указанием об удобном и функциональном расположении реек в верхнем и нижнем бьефах, проведении работ по очистке установленных реек от загрязнений, и в дальнейшем поддержании их в таком состоянии, чтобы хорошо читались деления в любых атмосферных

условиях и освещении (рис. 5, 6) . А также проработать вопрос о конструкции и материале реек, обеспечивающих их долговечность и устойчивость к загрязнениям мутной, жесткой водой, с повышенным содержанием железа.

По результатам обследований 2011-2013 гг. можно заключить, что исправный клапан срыва вакуума на насосных станциях, скорее исключение, чем правило. Вместе с тем известно, что при нарушении герметичности клапана эффективность эксплуатации насоса снижается, так как напор насоса возрастает на значение потерь вакуума в сифоне, уменьшается подача, и режимная точка насоса, как правило, смещается в нерасчетную зону характеристики с низким КПД. Ухудшаются кавитационные показатели насоса, а значит, снижается срок службы агрегатов. При этом вариант увеличения затрат электроэнергии на 30% не является максимальным. Вместе с тем, при минимальных требуемых затратах вопрос обеспечения исправности клапанов остается актуальным уже более 40 лет, практически весь период работы польдерных осушительных систем. Необходимо принять все возможные меры (разъяснительная работа, финансовое и моральное стимулирование) по обеспечению безотказной работы клапанов срыва вакуума на сифонных водовыпусках насосных станций. Ожидаемая экономия при обеспечении штатной работы клапанов может составить 10-15% от общего объема электроэнергии, затрачиваемой на откачку воды из польдерных систем.

Вопрос об отказе от использования электроэнергии для отопления зданий насосных станций и их замены автономными отопительными устройствами на местных видах топлива (практически везде дрова) поднимался ранее концерном "Белмелиоводхоз", ныне ГО "Белводхоз", минимум, с 1996 г. Это направление экономии электроэнергии мелиоративной отраслью по-прежнему остаётся во многом потенциально перспективным. Обследования показали, что на новых, небольших насосных станциях устанавливается печное отопление, однако на старых – только в отдельных случаях.

Сравнение затрат по двум вариантам отопления (печное и электрообогрев) одинаковой мощности (4,5 квт-ч) показало, что:

1. Затраты на оборудование печного отопления в два раза превышают затраты на оборудование электроподогрева.

2. Нормативный срок службы (до ремонта) печного отопления 5 лет.

3. По сравнению с 8-часовым электрообогревом, несмотря на более высокие затраты при оборудовании, уже в первый год печное отопление полностью окупается и дает до 15% экономии по сравнению с электроподогревом

4. В последующие года эксплуатации до ремонта даже при 2-х часовом электроподогреве и 24 -часовом печном отоплении затраты на печное отопление на порядок меньше, чем при электрообогреве.

В расчетах продолжительность отопительного сезона была принята равной 150 суткам.

Таким образом, переход на печное отопление (как минимум, комнаты отдыха дежурного машиниста) должно быть обязательным везде, где это позволяют конструкции зданий насосных станций.

Разность между стоимостью сэкономленной электроэнергии и дополнительными расходами на ремонты насосных агрегатов, ее обеспечивающими, должна быть положительной. Поэтому следует достоверно отслеживать и диагностировать уровни износа и снижения КПД насосных агрегатов, чтобы точно определить целесообразный момент прекращения эксплуатации насосного агрегата и направления его на ремонт при снижении уровня КПД из-за износа оборудования. Необходимо разработать методики диагностики насосно-силового оборудования для всего спектра конструкций насосных станций и агрегатов. Подобрать экономически эффективные средства измерения и создать группы, оснащенные автотранспортом и необходимым оборудованием, для диагностирования состояния агрегатов, зданий и сооружений насосных станций. Поскольку диагностическое оборудование очень дорогостоящее, (например, только расходомер с достаточно скромными возможностями для измерения расходов в трубопроводах применяемых на насосных диаметров стоит в пределах 6-8 тыс. долл. США) разработка методик и подбор необходимого наиболее эффективного оборудования представляется важной задачей.

Для оценки состояния и режимов работы насосных агрегатов на насосных станциях всегда устанавливались приборы, показания которых должны были хотя бы косвенно устанавливаться состояние и параметры режимов работы насосных агрегатов. Практически, по показаниям манометров можно оценивать участок расходно-напорной характеристики, на котором работает насосный агрегат. Выше дана оценка современного состояния и эффективности использования измерительных приборов (рис. 7). Поэтому в обязательном порядке манометры, установленные на насосах польдерных систем (рис. 8), должны быть отремонтированы, поверены и в дальнейшем поддержаны в работоспособном состоянии.

Установленные в настоящее время на насосных агрегатах электроприборы в большинстве своем непригодны для оценки уровня износа или повреждений механического оборудования насосов (корпусов, рабочих колёс и крыльчаток (рис. 4 а,б), поскольку рабочие токи двигателей, как правило, находятся вне рабочих диапазонов (рис. 7) установленных приборов (даже на недавно построенных насосных станциях).

Необходима замена установленных электроприборов и пересмотр требований к типам и шкалам амперметров при проектировании новых насосных станций. Для достоверной индикации ухудшения характеристик насосного агрегата с помощью амперметра рабочий ток двигателя исправного насоса должен находиться в зоне 2/3 шкалы прибора и давать возможность достоверно регистрировать хотя бы 10% изменения потребляемого тока.

При обследовании эффективности работы насосных станций отмечены случаи некачественного ремонта насосно-силового оборудования, выполненного непосредственно на ПМС. Особенно это касается ремонта корпусов и крыльчаток. Обработка лопастей выполнена очень грубо (рис. 4 а, б). Очевидно, что при работе таких рабочих органов неизбежны кавитационные разрушения металла, перерасход электроэнергии и быстрый выход из строя крыльчатки. Нередко после ремонта наблюдается недопустимая вибрация насосных агрегатов. Поэтому на базе ПМС можно проводить только незначительный ремонт, а рабочие органы насосных агрегатов и балансировку роторов двигателей с отремонтированными рабочими колёсами и крыльчатками следует выполнять в заводских условиях. Исполнителями таких ремонтов, в соответствии с действующей процедурой выбора подрядчиков, могут быть, например, ОАО "Пинский ордена Знак Почета судостроительно-судоремонтный завод", РУП "Гомельский судостроительно-судоремонтный завод", ОАО «Грушевский ремонтно-механический завод» и др.

Суть рекомендаций по изменению в конструкциях польдерных систем при разработке проектов капитального ремонта и реконструкции насосных станций и мелиоративной сети польдерных систем состоит в максимально возможном уменьшении высоты подъёма перекачиваемой воды. Это достигается за счёт физического её снижения и уменьшения гидравлического сопротивления водосбросной линии. Практически на всех насосных станциях, используемых для осушения и наполнения наливных водохранилищ, водосброс производится только через водохранилище, а это приводит к увеличению напора перекачки на 5-10 м (рис. 1).

При разработке проектов реконструкции или капитального ремонта таких насосных станций обязательным условием принятия проекта является доработка распределительного узла водосброса возможностью перекачки воды напрямую в водоотводящий канал, либо водоприемник, минуя линию для подъёма воды в водохранилище. Актуальна замена излишне мощных двигателей на электродвигатели требуемой мощности. Имеются варианты насосных, имеющих очень длинные напорные проводы. При реконструкции следует, по возможности, заменять их на открытые клапаны.

При разработке проектов реконструкции или капитальных ремонтов насосных станций польдерных систем следует для обоснования изменения конструкций водораспределительных узлов использовать гидрологический опыт работы самотечных водовпускных сооружений.

В течение нескольких лет сотрудники РУП «Институт мелиорации» проводили контрольные нивелировки уровней в аванкамерах насосных польдерных систем и их водоприемниках в различных гидрологических условиях. Оказалось, что в результате осадки торфяников, увеличения гидравлической шероховатости водотоков-водоприемников или по иным причинам, даже в осеннюю межень, максимальные уровни в аванкамерах оставались на 0,1 – 0,3 м ниже отметок уровня воды в водоприёмниках. Соответственно возмож-

ности использования самотёчного сброса воды из сети польдерных систем с целью экономии электроэнергии через самотёчные водовыпуски – водовпуски минимальны. У такого рода сооружений остается одна реально выполнимая функция – самотечная подача воды для проведения увлажнительных мероприятий.

Однако, если за весь период (часто около сорока лет) работы польдерной системы сооружение не использовалось по прямому назначению, то в проекте следует предусмотреть его закрытие наглухо, оставив возможность его восстановления без существенных затрат, например, за счёт использования тампонажа водовпускной трубы мешками с грунтом и последующей засыпкой малопроницаемым грунтом входа со стороны верхнего бьефа.

Точно также гидрологический опыт использования подпорных сооружений на сети польдерных систем может являться основанием для реконструкции используемых и отказа от проведения ремонтно-восстановительных работ на неиспользуемых сооружениях.

Выводы:

1. Современное состояние насосных агрегатов польдерных мелиоративных систем не обеспечивает откачку проектных расходов. Это является основной причиной потерь продуктивности осушаемых земель во влажные годы с высокими половодьями или летними дождевыми паводками. Необходима модернизация системы эксплуатации и ремонтов насосного оборудования.

2. Имеется значительный резерв в вопросах повышения эффективности использования электроэнергии при работе польдерных систем. Экономия может быть достигнута за счет:

- повышения КПД насосных агрегатов при более качественном ремонте механического оборудования в заводских условиях и своевременной диагностике состояния электромеханического оборудования насосных станций;
- изменения конструкции водораспределительных устройств насосных станций при их реконструкциях или ремонтах;
- более широкого использования печного отопления насосных станций вместо электронагревателей.

3. Для оценки актуальных напорно-расходных характеристик и КПД насосных агрегатов необходимо создание мобильной группы специалистов, оснащенных автотранспортом и необходимым оборудованием для оперативного измерения расходов воды при широком спектре конструкционного разнообразия устройств насосных станций, диагностики состояния электромеханического оборудования и принятия обоснованного решения о необходимости проведения его ремонтов.

Библиографический список

1. Приказ по Белорусскому государственному концерну по строительству и эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных систем «БЕЛМЕЛИОВОХОЗ» №140 от 20.10.98 г «О повышении эффективности функционирования польдерных систем и насосных станций».

2. Русецкий, А. П. Влияние мелиорации на гидрологические характеристики р. Припяти / А. П. Русецкий // Мелиорация. – 2010. – № 2 (64). – С. 27–35
3. Шкутов, Э.Н., Иванов, В.П., Свиридович, Т.Г., Митрахович, А.И. Оценка эффективности перехода обогрева насосных станций на местные виды топлива//Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий : сб. науч. тр. – Вып. 6 / – Рязань : ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2014.–С.39-41
4. Выбор структуры кормовых культур на антропогенно-преобразованных торфяных почвенных комплексах Полесья (метод. рекоменд.) / В. В. Гракун, Л.Н. Лученок, Э. Н. Шкутов. – Минск, 2010. – 20 с.
5. Русецкий, А.П., Лихацевич, А.П. Эксплуатационное управление водным режимом на мелиоративных системах с механическим водоотводом: рекомендации/РУП «Институт мелиорации».–Минск, –2010.-28 с.

Summary

E. Shkutov, V Derevyanko, V. Ivanov

IMPROVEMENT OF OPERATION MODES AND STRUCTURES OF POLDER PUMPING STATIONS

The results of the survey for more than 50 pumping stations on the polder systems of Brest, Gomel and Minsk regions are presented. The main criterion in pumping stations selecting for the survey was a significant difference in the unit cost of pumping out water. The main features of pumping stations, state of pumping units, their means of control and measuring their performance were evaluated. The state of working bodies in repairing pumps was examined as well. Recommendations to reduce the electricity consumption are presented. The oven heating cost and electric heating at pump station expenses are compared. Recommendation concerning the changes in design are also shown.

Поступила 3.10.2014