

## **НОВЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ СИСТЕМ МАШИННОГО ВОДОПОДЪЕМА**

**Абзалов Б.Х., Гловацкий О.Я.**

(УНС ЭиС МСВХ, САНИИРИ им. В.Д. Журина,)

Для получения наиболее полной информации о техническом состоянии, эксплуатации и ремонте насосно-силового оборудования на мелиоративных насосных станциях (НС) в лаборатории НС и У САНИИРИ разработаны программа и методика обследования НС, оборудованных осевыми и центробежными насосами различных типоразмеров.

Технический уровень и состояние любого объекта – это сложное понятие, включающие в себя качественные и количественные эксплуатационные показатели. В настоящее время применяют два основных метода оценки технического уровня: экспертный и по рассчитанным комплексным показателям, которые определяются отношением полезной работы, выполненной объектом за весь срок службы, ко всем затратам на эту работу.

Сущность первого метода состоит в экспертных оценках состояния НС. Преимущества этого метода в том, что техническое состояние НС определяется не по средним или нормативным данным, а по ее фактическому состоянию. К недостаткам следует отнести значительную трудоемкость и субъективность, т.к. оценка зависит от личного опыта членов экспертной комиссии. Комплексные показатели, кроме основных технических параметров, прямо или косвенно учитывают практически весь комплекс эксплуатационных факторов.

Для определения основных показателей оценки технического уровня и состояния НС необходим выбор системы критериев оценки технического уровня ее элементов. В 2004-2005 г. под руководством авторов разработаны новые методы и критерии оценки технического состояния НС и на основе их составлены рекомендации по повышению устойчивости эксплуатации НС с поддержанием оптимальных режимов и использованием энерго- и водосберегающих технологий.[1,2,3].

Предложенные критерии определяют техническое состояние основных насосов, поскольку технические факторы связаны в основном с работой основного оборудования. Техничко-экономические факторы призваны определять состояние сооружений и оборудования НС в целом; экономические - оценивают затраты, связанные с эксплуатацией НС.

Задачи эксплуатационной службы постоянно усложняются, а объемы работ увеличиваются, поэтому одной из главных задач является регулярная объективная оценка технического состояния систем машинного водоподъема (СМВ). Под состоянием СМВ подразумевают уровень ее совокупных свойств, при соблюдении которых водопользователи получают оросительную воду в определенном объеме и в определенное время. В процессе эксплуатации технические показатели элементов СМВ, заложенные при их проектировании и строительстве, постепенно ухудшаются. Поэтому основной особенностью оценки технического состояния СМВ является учет факторов физического и морального старения ее элементов (гидротехническое сооружение, канал, насосная станция и т.п.), на которые эта система условно разбивается. При оценке этого состояния элемент рассматривается как единое целое.

Предложенный метод позволяет определить уровень элемента СМВ, полученного после ремонта в сравнении с заложенным, при ее строительстве, осуществить диагностику

технического состояния СМВ установить целесообразность ремонта и его эффективные формы и принять решение относительно ее дальнейшего использования или модернизации. Помимо этого, используя предлагаемый метод, можно объективно сравнивать между собой различные типы СМВ, элементов НС, средств автоматики, гидромеханического оборудования и т.п. Универсальность общего подхода позволяет широко внедрить новый метод оценки технического состояния НС в практику водных мелиораций.

В методе использован квазиметрический подход, а качество СМВ рассматривается как некоторая иерархическая совокупность свойств ее элементов. Выраженные количественно, эти элементы являются эксплуатационными показателями. Уровень состояния элемента определяется сравнением его фактического и базового показателей.

В упрощенном виде оценка технического состояния СМВ состоит из следующих основных этапов: выявление и составление иерархического «дерева» показателей; выбор номенклатуры показателей; выбор методов определения показателей и расчет единичных определяющих показателей; приведение единичных показателей к общей шкале оценки; определение весовости показателей; расчет комплексных показателей отдельных элементов и их групп; расчет обобщенного показателя; анализ рассчитанных показателей и принятие решения.

Составление иерархического «дерева» показателей начинают с разбивки СМВ на отдельные элементы (согласно структурной схеме) и присвоения каждому из них порядкового номера (нумерация элементов в пределах каждого оцениваемого участка СМВ сквозная). Затем элементы объединяют в «поддеревья» по признаку принадлежности к отдельным частям СМВ: оросительной, коллекторно-дренажной, вспомогательным сооружениям, средствам связи и т.д. Это позволяет оценить состояние отдельных частей СМВ. Степень детализации СМВ на элементы и «поддеревья» определяется ее сложностью, целью оценки, требуемой точностью оценок и т.д. Коротко рассмотрим содержание этапов оценки технического уровня СМВ.

Иерархическое «дерево» показателей СМВ представлено на рисунке. Обобщенный показатель качества СМВ находится на самом высоком – нулевом – уровне, единичные определяющие показатели простых свойств – на самом низком ( $m$ ) уровне. Сложность свойств, составляющих качество, уменьшается по мере перехода от нулевого к уровню  $m$ . По предлагаемой схеме обобщенный показатель качества СМВ состоит из трех комплексных: технического состояния, технического уровня и технологического процесса, всесторонне отражающих свойства СМВ в процессе ее эксплуатации. Оценка сельскохозяйственного производства в данную схему не включена из-за резкого увеличения количества индексов качества и сложности их оценки.

Дифференцированную оценку показателей проводят, вычисляя относительные значения:  $q_i = P_{\delta i} / P_{\phi i}$  или  $q_i = P_{\phi i} / P_{\delta i}$ , где  $P_{\delta i}$  – значение  $i$ -го базового показателя;  $P_{\phi i}$  – значение  $i$ -го фактического показателя;  $i = 1, 2, n$ ;  $n$  – число показателей качества элемента. Из формул выбирают ту, при которой увеличению относительного показателя соответствует улучшение качества. Дифференцированный анализ показателей позволяет выявить отклонения их от нормы и разработать мероприятия по улучшению технического состояния отдельных элементов СМВ.

Зачастую часть показателей уже достигло своего предельного значения, другая же находится на удовлетворительном и даже хорошем уровнях, поэтому дифференцированная оценка технического состояния элемента затруднена. В таких случаях прибегают к комплексной оценке, которая определяет уровень качества совокупности различных свойств отдельных элементов или целой их группы.

Универсальные и точные математические способы приведения единичных показателей к общей шкале еще не разработаны. И в нашей стране, и за рубежом для этих целей чаще всего применяют метод функции желательности. Сущность его состоит в том, что отклонения относительного показателя от нормы привязывают к определенным

числовым значениям функции желательности. Например, предельно-допустимому значению относительного показателя соответствует значение в общей безразмерной шкале 0,37, а хорошему состоянию – от 0,63 до 0,8 и т.д. Следовательно, при значении показателя, равном или меньше 0,37 (см. табл.), отклонение показателя в большую сторону показывает, что элемент подлежит ремонту, реконструкции или модернизации.

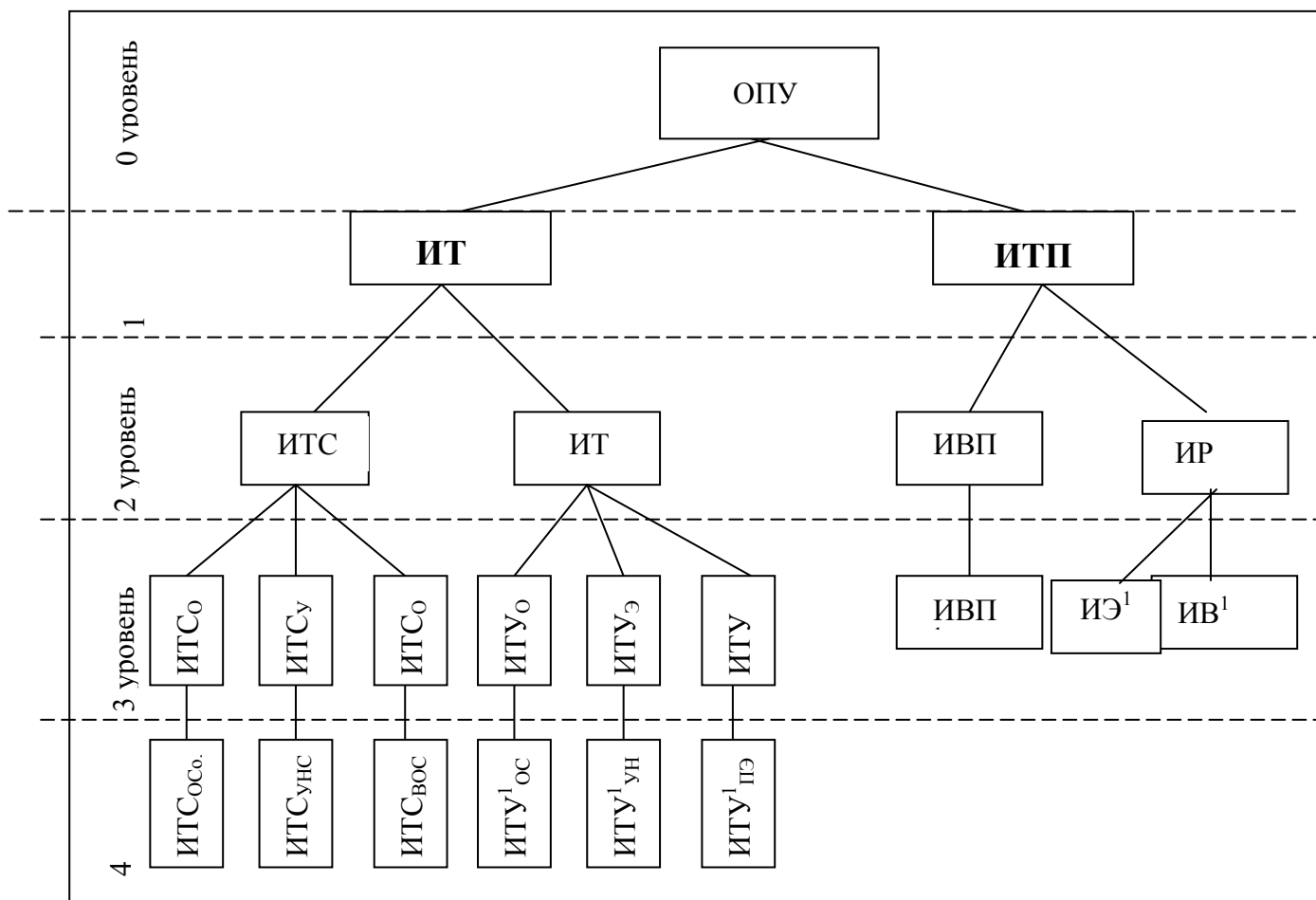


Рис. 1. Иерархическое «дерево» индексов (критериев) устойчивости СМВ: ОПУ - обобщенный критерий; ИТК - индекс технического качества; ИТП, ИТС, ИТУ, ИВП, ИР – индексы показателей качества СМВ: соответственно технологического процесса, технического состояния, технического уровня, индекс водоподачи плановый, ресурсосбережения; ИТС<sub>ОС</sub> – индекс основных сопрягающих сооружений, (водозабор, головной отстойник, подводящий и отводящий каналы, аванкамера, водовыпуск), ИТУ<sub>НС</sub> – индекс узла НС, (водоприемник, здание НС, СУС, напорные трубопроводы), ИТС<sub>ОО</sub> – индекс основного оборудования; ИТУ<sub>ОС</sub>, ИТУ<sub>ЭНС</sub>, ИТУ<sub>ПЭ</sub> – индексы технического состояния и технического уровня частей (элементы 1-го порядка) СМВ; ИТС<sub>ОС<sup>1</sup></sub>, ИТС<sub>УНС<sup>1</sup></sub>, ИТС<sub>ВХС<sup>1</sup></sub> – индексы качества технического состояния отдельных элементов (2-го порядка) частей СМВ; ИТУ<sub>ОС<sup>1</sup></sub>, ИТУ<sub>УНС<sup>1</sup></sub>, ИТУ<sub>ПЭ<sup>1</sup></sub>, ИТС<sub>ОС<sup>1</sup></sub>, ИТС<sub>УНС<sup>1</sup></sub>, ИТС<sub>ВХС<sup>1</sup></sub>,

КНС<sup>1</sup>, КО<sup>1</sup>- единичные индекс технического уровня и технического состояния частей НС, их отдельных элементов (о.с, УНС, ВО - вспомогательное оборудование, п.э. – прочие элементы), ИВП<sup>1</sup>, ИЭ<sup>1</sup>, ИВ<sup>1</sup>- показатели устойчивости энерго- и водосбережения.

Примерная общая шкала для оценки уровня устойчивости СМВ и ее элементов

| Коэффициент устойчивости функции желательности $K_{ж}$ | Уровень устойчивости отдельного показателя (единичного, комплексного, обобщенного)                                    |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. $0,00 < K_{ж} \leq 0,20$                            | 2. Очень низкое качество как отдельных элементов, так и всей СМВ. Требуется полная реконструкция (капитальный ремонт) |
| 3. $0,20 < K_{ж} \leq 0,37$                            | 4. Граничная зона. Требуется частичная реконструкция СМВ и капитальный ремонт большинства элементов.                  |
| 5. $0,37 < K_{ж} \leq 0,63$                            | 6. Приемлемый уровень. Необходимы совершенствование СМВ обычными средствами и текущий ремонт элементов.               |
| 7. $0,63 < K_{ж} \leq 0,80$                            | 8. Хороший уровень. Достаточно технического обслуживания и ухода.                                                     |
| 9. $0,80 < K_{ж} \leq 1,00$                            | 10. Превосходный уровень. Система (элемент) в отличном состоянии, предусмотренном НТД.                                |

При систематических наблюдениях на СМВ за изменениями отдельных показателей качества элементов можно установить статистическую функцию их изменения во времени, что позволяет прогнозировать предельные состояния элементов и своевременно назначать соответствующие мероприятия по их улучшению. Недостатком метода функции желательности является использование экспертной оценки для привязки единичных показателей к общей шкале оценки.

При дальнейшем совершенствовании предложенного метода шкала оценок должна улучшаться применительно к каждой группе однородных элементов, части и всей СМВ.

Для оценки технического состояния наиболее целесообразно использовать индексы качества:  $V_q = \prod_{i=1}^n (q_i)^{\alpha_i}$ , где – n, число показателей качества;  $q_i$  – относительный показатель качества, может быть приведен к общей шкале;  $\alpha_i$  – параметр весомости i-го показателя качества. При выполнении условия  $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$ ,  $\alpha_i$ - параметр называют коэффициентом весомости.

По приведенной формуле вычисляют индекс качества отдельного элемента, целой группы, всей СМВ. При этом на более высоком уровне иерархии объединяют индексы качества низшего в комплексные показатели уровня согласно схеме. В итоге вычисляют обобщенный показатель качества СМВ.

Коэффициенты весомости  $\alpha_i$  отражающие относительную степень ценности или полезности того или иного свойства элемента (или самого элемента), прямо или косвенно связаны с экономическими характеристиками элементов или процессов. Применение того или иного метода их определения зависит от наличия необходимых исходных данных.

Изученность данного вопроса недостаточная, поэтому коэффициенты весомости отдельных единичных показателей качества элементов можно принимать одинаковыми. При определении индексов качества технического состояния групп элементов или частей СМВ они равны доле затрат на техническое обслуживание и ремонт от общих (суммарных) затрат на эти цели [1].

Индекс технического состояния СМВ (ИТС) определяют по формуле:  
 $V_{т.к.} = V_{т.с.}^{\alpha_1} V_{т.у.}^{\alpha_2}$ , где  $V_{т.с.}$  - индекс технического состояния;  $V_{т.у.}$  - индекс технического уровня;  $\alpha_1 = C/(C+B)$ ,  $\alpha_2 = B/(C+B)$  - коэффициенты весомости соответственно технического состояния и технического уровня;  $C$  – ежегодные суммарные затраты на техническое обслуживание и ремонт НС, сум;  $B$  – балансовая (восстановительная) стоимость ОС, приведенная к одному год, сум.

Техническое состояние насосного агрегата определяется путем сравнения его фактических параметров, полученных в результате измерений и расчетов, с паспортными характеристиками данного насоса. При отклонении фактических параметров меньше допустимых величин, техническое состояние насосного агрегата считается удовлетворительным, а при отклонении больше допустимых величин – неудовлетворительным и его дальнейшая эксплуатация запрещена.

Техническое состояние осевых насосов определяется по отклонениям от паспортных значений, напору  $\Delta H$  и КПД  $\Delta \eta$ . В процессе эксплуатации допускается падение напора не более 7 % и снижение КПД не более 3 %.

Техническое состояние центробежных насосов характеризуется отклонениями значений подачи  $\Delta Q$  от паспортных и КПД  $\Delta \eta$ . В процессе эксплуатации допускается снижение подачи до 2 % и КПД – до 3 %. Отклонение подачи насоса определяется по формуле:

|                                                |  |
|------------------------------------------------|--|
| $\Delta Q = \frac{Q^1 - Q}{Q^1} \cdot 100 \%,$ |  |
|------------------------------------------------|--|

где  $Q$  – фактическая подача, м<sup>3</sup>/с.

Пример оценки технического состояния центробежного насоса приводится для насоса типа 2400В-25/40. Для конкретных условий его эксплуатации путем измерений и расчетов установлено:

Диаметр рабочего колеса,  $D_p$  - 2925 мм;

Частота вращения ротора,  $n$  - 214,3 об/мин;

Подача,  $Q$  - 26,3 м<sup>3</sup>/с;

Напор,  $H$  - 35 м;

КПД насоса,  $\eta_n$  - 80,3 %

На основании фактических и паспортных значений подачи и КПД определяют величину их отклонений.

Отклонение подачи:

|                                                          |  |
|----------------------------------------------------------|--|
| $\Delta Q = \frac{27,2 - 26,3}{27,2} \cdot 100 = 3,3\%,$ |  |
|----------------------------------------------------------|--|

Отклонение КПД:

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| $\Delta \eta = 84 - 80,3 = 3,7$ |  |
|---------------------------------|--|

Сопоставляя фактические и паспортные значения отклонений подачи и КПД, определяют, что отклонение подачи превышает допустимую величину на 1,3 %, а КПД – на 0,7 %. На этом основании делают вывод об неудовлетворительном техническом состоянии насоса 2400В - 25/40 и прекращении его дальнейшей эксплуатации.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Рахимов Ш.Х., Гловацкий О.Я. Новые критерии надежности и безопасности гидротехнических узлов насосных станций // Сб. докл. регион. семинара «Мониторинг безопасности крупных ГТС». - Т., 2004.
2. Гловацкий О.Я., Исаков Х.Х., Талипов Ш.Г. Управление надежностью насосных станций по оценке технического состояния // Труды САНИИРИ. Т. 2. Современные проблемы управления водными ресурсами. – Ташкент, 2003. – С. 19-24.
3. Рахимов Ш.Х., Гловацкий О.Я., Пак О.Ю. Экологические аспекты энергосберегающих режимов крупных насосных станций // Материалы I Междунар. Конф. «Прикладная экология и устойчивое развитие». - Карши, 2005.

УДК 621.3:626.83

## ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ И ПИТАЮЩЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Аль Али Фисал

(САНИИРИ)

Оптимизация режимов работы синхронных электродвигателей и питающей электрической сети должна обеспечивать наивысший их КПД при поддержании напряжения в заданных пределах и различных нагрузках на валу. Это можно достичь, выбрав режимы работы синхронных электродвигателей с минимальными потерями активной и реактивной мощностей в сети.

Для выбора нормальных режимов работы синхронных электродвигателей и питающей электрической сети используем типовую схему электроснабжения насосной станции (рисунок), которой, например, соответствует схема электроснабжения насосной станции «Аму-Занг».

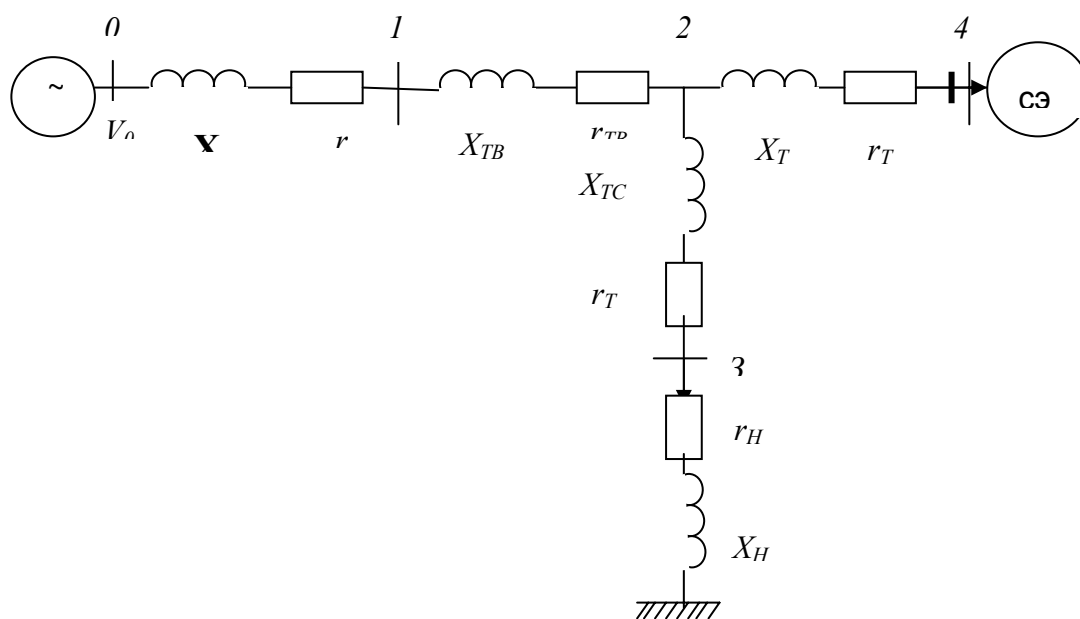


Рисунок. Схема замещения синхронного электродвигателя и питающей электрической сети

Схема замещения питающей электрической сети строится на предположении, что сопротивление проводов в линиях электропередачи не зависит от температуры окружающей среды и параметров режима. Это позволяет построить такую схему замещения электрической сети, в которой токи и напряжения связаны линейными уравнениями [1]. В схеме питающей электрической сети существует несколько уровней напряжения, поэтому приведем их к единым базисным условиям: напряжение  $V_\delta = 230$  кВ, полная мощность  $S_\delta = 100$  МВА и сопротивление  $Z_\delta = S_\delta / V_\delta^2$ . В схеме замещения питающей электрической сети указаны параметры линии электропередачи и понижающих трансформаторов. Все синхронные электродвигатели сведены к одному эквивалентному.

Определение нормальных режимов сводится к определению напряжений в узлах 1-4, перетоков активных и реактивных мощностей по ветвям и суммарных потерь мощностей в рассматриваемой схеме.

Заданными по схеме являются:

- параметры элементов  $\Gamma_\Delta$ ,  $X_\Delta$ ,  $\Gamma_{TB}$ ,  $X_{TB}$ ,  $\Gamma_{TC}$ ,  $X_{TC}$ ,  $\Gamma_{TH}$ , и  $X_{TH}$ ;

$$K_{TBH} = \frac{U_{BH}}{U_{HH}}; \quad K_{TBC} = \frac{U_{BH}}{U_{CH}};$$

- мощность отбора на нагрузку  $P_H = 65$  МВт,

$$Q_H = 40 \text{ МВАр};$$

- напряжение энергосистемы  $U_0 = 230$  В.

В узле 4 заданы:

1)

$$P_{cd} = 75 \text{ МВт}, Q_{cd} = 0;$$

2)

$P_{cd}$  и  $|U_1|$  - модуль напряжения, который должен быть обеспечен за счет регулирования реактивной мощности в пределах  $Q_{min}$  и  $Q_{max}$ .

Основные соотношения для расчетов нормальных режимов получены на основе узловых уравнений в форме балансов потерь мощности в следующем виде [2]:

$$\Delta P_k = \sum_{j=0}^4 |U_k| |U_j| [-g_{ki} \cdot \cos(\delta_k - \delta_j) + B_{kj} \cdot \sin(\delta_k - \delta_j)] + P_k,$$

$$\Delta Q_k = \sum_{j=0}^4 |U_k| |U_j| [q_{kj} \cdot q_m(\delta_k - \delta_j) - B_{kj} \cos(\delta_k - \delta_j)] + Q_k, \quad (1)$$

где

$q_{kj}$ ,  $B_{kj}$  - элементы матрицы узловых проводимостей, получаемых на основе топологии схемы и элементов схемы замещения;

$|U_k|$ ,  $|U_j|$  - модули напряжения в узлах схемы;

$\delta_k$ ,  $\delta_j$  - фазовые углы напряжений в узлах 1-4;

$P_k$ ,  $Q_k$  - активные и реактивные мощности в узлах 1-4.

Исходные данные приведены в табл. 1.

Таблица 1.

| Участок схемы<br>между узлами | Параметры элементов |       |                |
|-------------------------------|---------------------|-------|----------------|
|                               | г , Ом              | х ,Ом | К <sub>Т</sub> |
| 0-1                           | 2,15                | 9,5   | 1,0            |
| 1-2                           | 0,20                | 14,0  | 1,0            |
| 2-3                           | 0,05                | 0,0   | 1,0            |
| 2-4                           | 0,05                | 24,3  | 5,8            |

Для решения этих уравнений использовался метод Ньютона-Рафсона, который обеспечивает довольно быструю сходимость [3].

Общая форма итеративного процесса решения базируется на соотношении, которое можно представить в матричном виде:

$$\begin{bmatrix} HN \\ LK \end{bmatrix}^{(n)} \cdot \begin{bmatrix} \Delta\delta \\ \Delta U \end{bmatrix}^{(n+1)} = \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix}^{(n)}, \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} \delta \\ U \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta \\ U \end{bmatrix}_0 - \begin{bmatrix} \Delta\delta \\ \Delta U \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где

$$\begin{aligned} &\Delta P, \Delta Q && \text{– векторы невязок;} \\ &\Delta\delta^{(n+1)}, \Delta U^{(n+1)} && \text{– векторы приращений угла и модуля} \\ &\delta^{(n+1)}, U^{(n+1)} && \text{напряжений в (n+1) шаге итерации;} \\ &&& \text{– векторы углов и модулей напряжений в} \\ &&& \text{(n+1) шаге итерации;} \\ H = \left[ \frac{\partial P}{\partial \delta} \right], N = \left[ \frac{\partial P}{\partial U} \right], L = \left[ \frac{\partial \Delta Q}{\partial \delta} \right], K = \left[ \frac{\partial \Delta Q}{\partial U} \right] && \text{– подматрицы-Якобианы системы.} \end{aligned}$$

В соответствии с полученной математической моделью алгоритм расчета нормального режима следующий:

1. Формирование постоянных коэффициентов (матриц узловых проводимостей) в системе уравнений (2.28).
2. Итерационное решение системы нелинейных уравнений:
  - вычисление векторов – невязок по (2.28);
  - формирование элементов матрицы Якоби в (2.29) и определение новых значений переменных по (2.30);
  - решение линейной системы уравнений (2.29) и определение новых значений переменных по (2.30);
  - проверка сходимости итерационного процесса. В случае сходимости делается переход к следующему блоку, в противном случае переходят к началу данного блока и процесс итерации продолжается. При отсутствии сходимости, соответствующей невозможности реализации заданного режима, предусмотрен выход из данного блока. Такой выход осуществляется при превышении количества итерации заданной величины.
3. На основе полученных напряжений и фазовых узлов расчет перетоков мощностей и суммарных потерь мощностей.

Расчет нормального режима осуществлен для двух случаев:

1.  $P_{сэд}=75$  МВт,  $Q_{сд}=0$ ,  $V_o = 230$  кВ.

$P_n = 65$  МВт,  $Q_n=40$  МВАр, при этом напряжение на шинах насосной станции получается равным  $V = 10,3$  кВ.

2.  $P_{сэд} = 75$  МВт,  $Q_{сд} = 7,6$  МВАр,  $V_o = 230$  кВ.

$P_n = 65$  МВт,  $Q = 40$  МВАр; при выдаче синхронными электродвигателями в сеть реактивной мощности, равной  $Q_{сэд} = 7,6$  МВАр, напряжение на шинах насосной станции повысилось до  $V_4 = 10,5$  кВ.

В табл.2 приведены результаты расчета нормального режима синхронных электродвигателей насосной станции “Аму-Занг” и питающей электрической сети для обоих случаев.

Таблица 2. Результаты расчета нормального режима синхронных электродвигателей насосной станции “Аму-Занг” и питающей электрической сети

|  | Начало | Конец | $\Sigma P_1$ ,<br>МВт | $\Sigma Q_1$ ,<br>МВАр | $\Sigma P$ ,<br>МВт | $\Sigma Q$ ,<br>МВАр | $P$ ,<br>МВт | $\Delta Q$ ,<br>МВАр |
|--|--------|-------|-----------------------|------------------------|---------------------|----------------------|--------------|----------------------|
|  | 0      | 1     | 87,29                 | 28,60                  | 85,1                | 20,44                | 2,28         | 8,16                 |
|  | 1      | 2     | 85,01                 | 30,02                  | 84,6                | 16,60                | 0,41         | 13,42                |
|  | 2      | 3     | 12,00                 | 6,50                   | 12,0                | 6,50                 | 0,00         | 0,00                 |
|  | 2      | 4     | 72,60                 | 14,54                  | 72,5                | -7,60                | 0,10         | 6,94                 |

Из данных табл. 2 видно, что повышение напряжения на шинах насосной станции обеспечивает снижение потребления активной и реактивной мощностей в питающей электрической сети за счет выдачи в сеть регулируемой АРВ реактивной мощности.

Оптимизация режимов работы синхронных электродвигателей насосных станций и питающей электрической сети заключается в определении такого значения выдаваемой электродвигателями регулируемой реактивной мощности, при котором достигается минимум потерь активной и реактивной мощностей в сети при заданных активных нагрузках электродвигателей.

В данном случае критерий оптимизации имеет следующий вид:

$$I = \sum_{k=1}^n \Delta S_k \rightarrow \min, \quad (4)$$

где

$\Delta S_k = \Delta P_k + \Delta S_k$  - потери полной мощности в электродвигателях и сети, определенные по зависимости (2.28);  
 $K=1, 2 \dots n$  – количество ветвей схемы замещения.

При реализации данного критерия учитываются в качестве режимных ограничений сети и электродвигателей ограничения минимального и максимального значений напряжения на шинах насосной станции –  $V_{\min}$ ,  $V_{\max}$ .

Алгоритм оптимизации построен на основе метода одномерного поиска – метода «равномерного поиска делением пополам» [4]. Реализация данного метода отличается достаточной простотой и довольно быстрой сходимостью. Для расчета режима оптимизации использована разработанная на основе предложенного метода программа расчета, приведенная в [1].

Расчет режима оптимизации проводился при тех же исходных данных, что и расчет нормального режима:  $P_{сэд} = 75$  МВт,  $P_{нагр.} = 65$  МВт,  $Q_{нагр.} = 40$  МВАр,  $V_o = 230$  кВ.

Результаты расчета режима оптимизации приведены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты расчета оптимизации режимов работы синхронных электродвигателей и электрической сети

| № | Начало | Конец | $\Sigma P_1$ ,<br>МВт | $\Sigma Q_1$ ,<br>МВт | $\Sigma P_2$ ,<br>МВт | $\Sigma Q_2$ ,<br>МВАр | $\Delta P$ ,<br>МВт | МВАр |
|---|--------|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|------|
| 1 | 0      | 1     | 85,10                 | 20,44                 | 83,00                 | 12,82                  | 2,10                | 7,62 |
| 2 | 1      | 2     | 84,60                 | 16,60                 | 84,25                 | 13,50                  | 0,35                | 3,10 |
| 3 | 2      | 3     | 12,00                 | 6,50                  | 12,00                 | 6,50                   | 0,00                | 0,00 |
| 4 | 2      | 4     | 72,50                 | -7,60                 | 72,45                 | -13,43                 | 0,05                | 5,83 |

Сравнение результатов расчетов нормального режима и режима оптимизации показывает, что при одинаковых исходных данных и начальных условиях в режиме оптимизации наблюдается повышение напряжения в узлах схемы электроснабжения (на шинах насосной станции - до 10,85 кВ), уменьшение потерь активной и реактивной мощностей в питающей электрической сети.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Рахимов Ш.Х. Управление системами машинного водоподъема. – Ташкент: Фан, 1986, 137 с.
2. Солдаткина Л.А. Электрические сети и системы. - М.: Энергия, 1976. - 216 с.
3. Ортега Дж., Рейнболдт В. Итерационные методы решения нелинейных систем управлений с многими неизвестными, - М.: Мир, 1975. - 558 с.
4. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. - М.: Мир, 1975. - 534 с.

УДК 626.842.3:633.511

## ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ОБРАБОТКИ БОРОЗД И ТЕХНИКИ ОРОШЕНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ ХЛОПЧАТНИКА ПРИ ЕГО ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА ЛУГОВЫХ ПОЧВАХ

Абдо Али Муслах ал Нумир  
(ТашГАУ)

1. В Андижанском сельскохозяйственном институте создан среднеспелый засухоустойчивый сорт хлопчатника "Шараф-76". Авторы этого сорта рекомендуют при его возделывании, использовать схему предполивной влажности почвы 65-70-65 % НВ с последующим поливом.
2. Нами в полевых условиях изучена зависимость урожайности этого сорта хлопчатника от способа обработки борозд и техники полива.
3. На опытном участке изучались следующие варианты опытов: 1 – полив по бороздам (контроль); 2 – полив по бороздам с щелечиванием их дна; 3 – вариант 2, но с покрытием гребней борозд пленкой; 4 – вариант 2, но с нанесением по сечению борозд полимера К-9 дозой 50 кг/га для сохранения структуры их гребней. Однако в дальнейшем

наши опыты показали, что для 1 варианта и схему поливов необходимо изменить 1-2-1, а для варианта 3 схема поливов на луговых почвах с близким залеганием подземных вод должна быть 1-3-0, т.е. при созревании хлопчатника полив не нужен, т.к. корни хлопчатника с успехом восполнили дефицит влаги из капиллярной каймы пресных грунтовых вод.

Результаты опытов сведены в табл. 1 из этих данных видно, что в условиях луговых почв норма поливов в контроле составила 977 м<sup>3</sup>/га, 707 м<sup>3</sup>/га, тогда как опытный – 530 м<sup>3</sup>/га, она была ниже особенно в варианте 4. Начальный уровень грунтовых вод в пробуренных скважинах составил с 1,2 м., к концу сезона приблизился до слоя 70 см, участвуя в водопотреблении хлопчатника. Однако конструкция борозд отразилась на впитывании воды: оросительные нормы составили по вариантам: 1 – 3910; 2 – 3196; 3 – 2027; 4 – 1930 м<sup>3</sup>/га, остальная доля водопотребления пришлось на грунтовые воды.

4. Почвы опытного участка – луговые, со средне-тяжелосуглинистым мехсоставом, средне-обеспеченные питательными элементами, на глубине 0-110 см содержание питательных элементов луговых почвах опытного участка составляют (Валовая форма, %, Гумус 0,8, Азот 0,05 Фосфор 0,24 а Подвижная форма, % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 9,5, N-NO<sub>3</sub> 2,3, N-NH<sub>3</sub> 14,2 и калий 175,1 мг/кг почвы.

Было выявлено, что при КПД техники полива 0,84-0,87 каждой норме полива по вариантам опытов соответствует определенный расход воды в борозде, согласно значениям параметров водопроницаемости почвы (табл. 1).

Таблица 1. Расчетные элементы техники полива хлопчатника для различных конструкций борозд и среднем значении норм полива нетто

| Вариант опыта | Расход в борозде, л/с | Длина борозды, м <sup>3</sup> | Нормы полива, м <sup>3</sup> /га |       |                     |       | Время полива, час |       |       | КПД техник и полива |
|---------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------|---------------------|-------|-------------------|-------|-------|---------------------|
|               |                       |                               | брутто                           | нетто | утечка (фильтрация) | сброс | добег             | долив | общее |                     |
| 1             | 0,22                  | 100                           | 1145                             | 977   | 20                  | 145   | 2,2               | 10,6  | 12,8  | 0,86                |
| 2             | 0,30                  | 100                           | 930                              | 707   | 40                  | 90    | 2,0               | 5,3   | 8,0   | 0,86                |
| 3             | 0,27                  | 100                           | 750                              | 530   | 35                  | 70    | 1,8               | 4,9   | 7,0   | 0,84                |
| 4             | 0,55                  | 100                           | 550                              | 480   | 30                  | 40    | 1,2               | 1,3   | 2,5   | 0,87                |

Время поливов в зависимости от водопроницаемости почвы по вариантам составило: 12,8 до 2,5 ч, при этом добегание струи до конца борозды (длина 100 м.) во времени уменьшилось с 2,2 (контроль) до 1,2 часа (вариант 4). Увеличение длины борозды до 200 м. на уклоне 0,002 снижает КПД техники полива, поэтому рекомендуется пользоваться указанной оптимальной длиной борозды (100 м.), и соответствующей ей элементами техники полива. Изменение длины борозды приводит к изменению в ней расхода воды и нормы полива, поскольку в каждом варианте опыта существуют свои параметры впитывания воды в почву. Так как воздействие на сечение борозд влияет на процесс впитывания воды в почву и соответственно на параметры добегания струи в борозде во времени, и нормы полива, мы изучили одновременно технику и технологию полива.

Норму полива определяли по впитывающей способности почвы во времени по методу УзНИИХ, а расход воды в борозде устанавливали зависимость (2), т.е. по балансу объемов поданной и находящейся в борозде воды:

$$Q = \frac{m \cdot a \cdot l}{t \cdot 36000} \text{ л/с}, \quad (2)$$

где Q – расход воды л/с; m – поливная норма м<sup>3</sup>; a – ширина борозды м;

l – длина борозды м; t – время сек

Таблица 2. Динамика влажности почвы по вариантам опыта  
(среднее за три года)

| Слой почвы,<br>см.                                | Влажность почвы, % к объёму |       |         |       |         |       |         |       |
|---------------------------------------------------|-----------------------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
|                                                   | 1 полив                     |       | 2 полив |       | 3 полив |       | 4 полив |       |
|                                                   | до                          | после | до      | после | до      | после | до      | после |
| 1                                                 | 2                           | 3     | 4       | 5     | 6       | 7     | 8       | 9     |
| 1. Контроль                                       |                             |       |         |       |         |       |         |       |
| среднее                                           | 15,73                       | 20,76 | 15,88   | 20,80 | 16,169  | 20,81 | 13,52   | 16,63 |
| 2. Полив по бороздам с щелеванием их дна          |                             |       |         |       |         |       |         |       |
| среднее                                           | 15,77                       | 19,02 | 15,76   | 20,03 | 15,83   | 20,39 | -       | -     |
| 3. Полив по бороздам с покрытыми плёнкой гребнями |                             |       |         |       |         |       |         |       |
| Среднее                                           | 15,76                       | 19,09 | 15,76   | 20,03 | 15,83   | 20,39 | 13,90   | 18,22 |

Для всех вариантов опыта нами рекомендуется техника орошения по данным табл. 1 .

Анализ агроклиматических условий в годы исследований показал, что климатические метеопараметры оказывали влияние в основном апрель-сентябрь месяцы и в за вегетационный период хлопчатника не отличались значительно от многолетних показателей. Отклонения показателей температуры воздуха от среднемноголетних данных, по данным метеостанции «Андижан» не превышали в 2001 г. – 2,3, в 2002 г. – 2,3, в 2001 г. – 1,8 °С. Максимум дефицит влажности воздуха в вегетацию за годы исследований оказался в диапазоне 17,1-22,2 %. Сумма осадков за вегетационный период опытов составила в 2001 г. – 96,6, в 2002 г. – 106, в 2003 г. – 75,4 мм, в среднем за 3 года – 76,4 мм, что чуть выше среднемноголетних данных. Кратковременные обильные осадки прошли в марте-апреле месяцах 2001 г. – 28,0-22,2, в апреле-мае 2002 г. – 45,5-50,3, в 2003 г. – 36,6-19,8 мм. Они были благоприятны для получения всходов ввиду сочетания кратковременных дождей с солнечными днями и не оказали существенного влияния на агротехнические работы и проведение поливов.

Для обоснования правомерности применения оптимального режима орошения хлопчатника на основе значения предполивной влажности для засухоустойчивого среднеспелого сорта "Шараф-75" укажем, что наименьшая влагоемкость почвы в слое 0-70 см составила 23,2 % и в слое 0-100 см. 21,9 %, что при 65 % влажности перед поливом от ППВ почвы определились 15,1 и 14,2 % от ППВ (в слое 0-40 см – 15,3 % ППВ и 70 % - 16,2 %),

Фенологические данные отмечались в полевых условиях каждое 5-е число месяца вегетации хлопчатника и последние 25 августа (6, 7). Из данных полевых наблюдений видно, что в вариантах 3 и 4 темпы роста и развития растений выше, чем в вариантах 1,2 за счет повышения температуры воздуха и почвы на 5 и 4° С. Нужно отметить, что при близком залегании грунтовых вод, капиллярный подъем влаги снижает температуру почвы ниже пахотного на 3-5 °С, угнетая при этом деятельность почвенных микроорганизмов. С повышением температуры почвы и обогрева гребней борозд усиление темпа развития растений закономерно. В итоге к 25/VIII по вариантам 1, 2, 3, 4 число бутонов на растениях, составило соответственно 6,6; 6,8; 7,1; 7,2 шт.; число цветков в период цветения – 6; 6,2; 7,1; 7,2 шт. общее число коробочек– 6,3; 6,8; 9,1; 14,4 шт. на растение; выход семян – 3,9; 4,1; 4,2; 4,2 г и волокна – 35,9; 36,1; 36,2; 37,5 % с одной коробочки хлопчатника (табл. 3 , 4). С середины сентября до 5 октября провели 1-й и 2-ой сборы урожая хлопка, а последний сбор – 20 октября, общий урожай хлопка за 3 года в среднем показан в табл. 3.

По вариантам было видно заметное влияние повышения температуры почвы на 4-5

<sup>0</sup>С в сравнении с контролем на урожай хлопка. Повышение урожая составило в контроле 33 ц/га, в варианты 2, 3, 4 соответственно 35,6; 41,1; 43,6 ц/га, т.е. разница составила 2,6; 8,1; 10,6 ц/га. Это объясняется благоприятным влиянием водного, воздушного, теплового и питательного режимов в почве в вариантах с покрытием гребня борозд пленкой. Сказалось и качество полива, т.е. равномерность увлажнения почвы по длине движения струи, повышение температуры почвы на гребнях борозд под влиянием солнечных лучей; сохранение влаги от испарения после поливов; и снижение потерь удобрений с фильтрационным потоком воды, что имеет место при обычном бороздковом поливе. Обычное щелевание дна борозд создает преимущество в равномерности увлажнения почвы по длине борозды, способствует аэрации почвы, что положительно повлияло на развитие растений и урожай хлопка. Однако сочетание щелевания дна борозд с пленочным покрытием их гребней (вариант 3) оказалось более благоприятным для развития растений и формирования урожая хлопка, чем варианты 2. Наиболее высокий урожай получен в варианте щелевания дна борозды с пленочным покрытием гребня борозды и нанесением препарата К-9. Уменьшенного влияния небольшого стресса от наличия солей в почве для растений хлопчатника. Это видно из данных табл. 4, особенно в последнем варианте при сохранении гребневой структуры почвы.

Таблица 3. Рекомендуемый развернутый режим орошения хлопчатника сорта "Шараф-75"

| Год исследования      | Вариант                    | Дата и норма поливов |                     |                      |                      | Средняя норма, м <sup>3</sup> /га | Схема полученных поливов | Сумма предполливной влажности почвы, % | Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га |
|-----------------------|----------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------------|--------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
|                       |                            | 1 полив              | 2 полив             | 3 полив              | 4 полив              |                                   |                          |                                        |                                        |
| 1                     | 2                          | 3                    | 4                   | 5                    | 6                    | 7                                 | 8                        | 9                                      | 10                                     |
| 2001                  | 2.Борозды-щели             | <u>8.06</u><br>820   | <u>19.07</u><br>720 | <u>1.08</u><br>740   | <u>26.08</u><br>980  | 815                               | 1-2-1                    | 65-70-65                               | 3260                                   |
|                       | Контроль                   | <u>8.06</u><br>1160  | <u>18.07</u><br>840 | <u>10.08</u><br>850  | <u>2.09</u><br>990   | 960                               | 1-2-1                    | 65-70-65                               | 3840                                   |
| Продолжение таблицы 3 |                            |                      |                     |                      |                      |                                   |                          |                                        |                                        |
| 1                     | 2                          | 3                    | 4                   | 5                    | 6                    | 7                                 | 8                        | 9                                      | 10                                     |
| 2002                  | 2.Борозды-щели             | <u>10.06</u><br>740  | <u>15.07</u><br>730 | <u>2.08</u><br>740   | <u>27.08</u><br>960  | 792                               | 1-2-1                    | 65-70-65                               | 3170                                   |
| 2002                  | 2.Борозды-щели             | <u>10.06</u><br>740  | <u>15.07</u><br>730 | <u>2.08</u><br>740   | <u>27.08</u><br>960  | 792                               | 1-2-1                    | 65-70-65                               | 3170                                   |
|                       | Контроль                   | <u>10.06</u><br>1010 | <u>17.07</u><br>850 | <u>3.08</u><br>940   | <u>29.08</u><br>1120 | 980                               | 1-2-1                    | 65-70-65                               | 3920                                   |
| 2003                  | 2.Борозды-щели             | <u>16.06</u><br>740  | <u>18.07</u><br>780 | <u>12.08</u><br>750  | <u>4.09</u><br>890   | 765                               | 1-2-1                    | 65-70-65                               | 3160                                   |
|                       | Контроль                   | <u>16.06</u><br>1180 | <u>20.07</u><br>820 | <u>15.08</u><br>1010 | <u>5.09</u><br>960   | 992                               | 1-2-1                    | 65-70-65                               | 3970                                   |
| Среднее               | 2.Борозды-щели             | 766                  | 743                 | 743                  | 943                  | 797                               | -                        | НВ                                     | 3197                                   |
|                       | Контроль                   | 1117                 | 837                 | 933                  | 1000                 | 9777                              | -                        | -                                      | 3910                                   |
| 2001                  | 3. Под пленкой + щелевание | <u>10.06</u><br>5500 | <u>26.08</u><br>570 | <u>18.07</u><br>580  | <u>10.08</u><br>540  | 560                               | 1-3-0                    | 65-70-65                               | 2240                                   |
|                       | 4. То же с К-9             | <u>10.06</u><br>520  | <u>30.06</u><br>500 | <u>22.07</u><br>480  | <u>6.08</u><br>450   | 490                               | 1-3-0                    | 65-70-65                               | 1950                                   |
| 2002                  | 3. Под пленкой + щелевание | <u>12.08</u><br>520  | <u>27.08</u><br>460 | <u>20.07</u><br>480  | <u>8.08</u><br>420   | 470                               | 1-3-0                    | НВ                                     | 1880                                   |
|                       | 4. То же с К-9             | <u>16.06</u><br>480  | <u>2.07</u><br>440  | <u>26.07</u><br>460  | <u>15.08</u><br>440  | 460                               | 1-3-0                    | 65-70-65                               | 1880                                   |
| 2003                  | 3.Под пленкой + щелевание  | <u>16.06</u><br>540  | <u>26.06</u><br>560 | <u>18.07</u><br>570  | <u>10.08</u><br>550  | 560                               | 1-3-0                    | 65-70-65                               | 1960                                   |
|                       | 4.То же с К-9              | <u>16.06</u><br>520  | <u>30.06</u><br>540 | <u>22.07</u><br>450  | <u>6.06</u><br>450   | 490                               | 1-3-0                    | НВ                                     | 1960                                   |
| Среднее               | 3.Под пленкой + щелевание  | 537                  | 523                 | 543                  | 503                  | 530                               | -                        | -                                      | 2113                                   |
|                       | 4.То же с К-9              | 507                  | 493                 | 463                  | 447                  | 480                               | -                        | -                                      | 1930                                   |

Таблица 4. Результаты фенологических наблюдений за хлопчатником сорта "Шараф-75" на опытном участке

| Вариант опыта                    | Дата замера | Фенология         |            |             |             |                      |
|----------------------------------|-------------|-------------------|------------|-------------|-------------|----------------------|
|                                  |             | Высота стебля, см | Ветви, шт. | Бутоны, шт. | Цветки, шт. | Коробочки общие, шт. |
| 1                                | 2           | 3                 | 4          | 5           | 6           | 7                    |
| 1. Контроль – обычные борозды    | 5. УП       | 18,7              | -          | -           | -           | -                    |
| 2. Борозды-щели                  | -           | 19,4              | -          | -           | -           | -                    |
| 3. Борозды-щели+пленка           | -           | 19,4              | -          | -           | -           | -                    |
| 4. Борозды - щели + пленка + К-9 | -           | -                 | -          | -           | -           | -                    |
| – 50 кг/га                       | -           | 20,1              | -          | -           | -           | -                    |
| – 100 кг/га                      | -           | 20,3              | -          | -           | -           | -                    |
| Продолжение таблицы 4            |             |                   |            |             |             |                      |
| 1                                | 2           | 3                 | 4          | 5           | 6           | 7                    |
| 1. Контроль – обычные борозды    | 5. УП       | 37,9              | 6,7        | 6,2         | 1,8         | 1,1                  |
| 2. Борозды - щели                | -           | 14,6              | 6,8        | 8           | 2,4         | 2,1                  |
| 3. Борозды щели + пленка         | -           | 45                | 6,9        | 8,4         | 3,6         | 2,9                  |
| 4. Борозды - щели + пленка + К-9 | -           | -                 | -          | -           | -           | -                    |
| – 50 кг/га                       | -           | 47,2              | 8,1        | 8,9         | 3,8         | 3,0                  |
| – 100 кг/га                      | -           | 47,7              | 8,3        | 9,2         | 3,9         | 3,2                  |
| 1. Контроль – обычные борозды    | 5. УП       | 79,1              | 11,2       | 12,0        | 6,2         | 3,1                  |
| 2 Борозды-щели                   | -           | 83,4              | 12,6       | 13,2        | 6,8         | 5,8                  |
| 3 Борозды-щели + пленка+К-9      | -           | 87,8              | 13,4       | 13,4        | 7,3         | 6,6                  |
| 4 Борозды - щели + пленка + К-9  | -           | -                 | -          | -           | -           | -                    |
| – 50 кг/га                       | -           | 99,9              | 13,9       | 13,8        | 7,8         | 7,8                  |
| – 100 кг/га                      | -           | 116,2             | 14,2       | 14,3        | 7,8         | 9,9                  |

Путем щелевания дна борозд и исключения потерь влаги с гребней борозд определили оптимальную эпюру увлажнения при наименьших потерях влаги на сброс в конце борозд и на фильтрацию. Последнее важно потому, что потери на фильтрацию вызывают подъем уровня грунтовых вод. При оптимизации элементов техники полива путём использованием различных расходов в борозду длиной 100 м. эти потери составили: 30, 24, 22, 22 м<sup>3</sup>/га, т.е. они практически не повлияли на пополнение запасов грунтовых вод.

Потери на фильтрацию не составляют существенную статью водного баланса поля. На опытном участке преобладает пополнение грунтовых вод от р. Кашкадарья, т.е. имеет место внешнее питание, поэтому запасы солей в грунтовых водах незначительны. Для определения участия подземных вод в питании растений нами были исследованы нормы

полива при капиллярном подъеме влаги уровня грунтовых вод с имитацией искусственного подъема их в лизиметре АСХИ дозами воды. Результаты их влияния на нормы полива представлены в виде графиков зависимости. Естественно, чем ближе уровень грунтовых вод к поверхности почвы, тем доля участия их в поверхностных водах выше. В опытах повышения уровня грунтовых вод до 1-2 мм., наблюдаемого в скважинах по гребням борозд, доля их водопотреблении составила 70-75 %, т.е. 2500-2700 м<sup>3</sup>/га по сравнению с автоморфными почвами - типичным сероземами.

Водный баланс хлопкового поля состоит из приходных и расходных статей запаса воды в начале вегетации, осадков, оросительной нормы, подпитки из грунтовых вод. При урожайности по вариантам 1-4; 33; 35,6; 41,1 и 43,6 ц/га и оросительных нормах в среднем по всем вариантам затраты воды в м<sup>3</sup> на 1 центнер урожая составили соответственно: 94,2; 56; 48,4 и 45,6, а общий расход воды на орошение составил: 146,2; 99,1; 85,9 и 81 м<sup>3</sup>/ц, при этом оросительная норма от общего расхода воды на поле оказалось равной: 64,5 % и 56,4 %, т.е. на 8,1 % ниже, чем в контроле.

Подпитка из запасов грунтовых вод составила 2500 м<sup>3</sup>/га, учитывая наибольшее количество замеров их уровня в среднем на глубине около 1,2 м от поверхности почвы. Таким образом, общий расход воды на поле без учета отрицательной статьи баланса - испарения влаги с гребней борозд – составил 6030 м<sup>3</sup>/га, а по вариантам 1, 2, 3, 4 – соответственно 183, 169, 147, 138 м<sup>3</sup>/ц урожая хлопка, т.е. наибольший расход – в обычных бороздах и наименьший в варианте щелевания борозд с пленочным покрытием и внесением препарата К-9, в дозе с учётом влияния на солевой состав почвы.

По высокой урожайности хлопчатника в этом варианте можно судить о влиянии препарата К-9 на накопление солей в почве от грунтовых и поверхностных вод (табл. 10), что объясняет наименьшие затраты воды на 1 центнер урожая в м<sup>3</sup> в данном варианте опыта. Водные балансы вариантов иллюстрируют снижение затрат воды от 1 до 4 варианта опыта (табл. 6).

Водный баланс хлопкового поля (среднее) в контрольном варианте – полива по обычным бороздам составляется :

Запас воды в слое 0-100 см в начале вегетации 1920 м<sup>3</sup>/га, в конце вегетации 770 м<sup>3</sup>/га, Использовано воды из запасов влаги в поливе 950 м<sup>3</sup>/га, Осадки в вегетацию 3110 м<sup>3</sup>/га, Подано оросительной воды 3110 м<sup>3</sup>/га, Общие затраты воды 4825 м<sup>3</sup>/га, Использовано из запасов влаги в почве 19,7% и Использовано оросительной воды, от общего расхода воды 64,5%, Урожай хлопка-сырца 33,0 ц/га, Общий расход воды 146,2 м<sup>3</sup>/ц, Расход оросительной воды 94,2 м<sup>3</sup>/ц, Влага из грунтовых вод 2500 м<sup>3</sup>/га и Общие затраты воды 7325 м<sup>3</sup>/га

В заключение следует отметить, что отличительной особенностью исследований техники и технологии полива по бороздам на луговых почвах в отличие от автоморфных почв, является учет взаимосвязи рационального использования поверхностных и подземных вод на орошение, которые формируют взаимовлияющие процессы балансового изменения запасов влаги в почве. Для изучения приемов воздействия на борозды, при подготовке полей к водосберегающим технологиям поливов, использовались методики изучения техники полива (САНИИРИ), режима орошения хлопчатника новых селекционных сортов (АСХН, Институт генетики АН РУз), теории использования механизмов при нарезке специальных борозд-щелей (ЮжНИИГиМ, САИМЭ), почвенных процессов (Почвенный институт АН РУз), учет фенологий растений и назначения агротехники поля (УЗНИИХ)

Таблица 5-Водный баланс хлопкового поля (среднее) по вариантам опыта

| №   | Элемент статьи баланса, единица измерения                                              | Величина            |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 1   | 2                                                                                      | 3                   |
| 1   | Запас воды в слое 0-100 см в начале вегетации, м <sup>3</sup> /га                      | 1925                |
| 2   | Запас воды в слое 0-100 см в конце вегетации, м <sup>3</sup> /га                       | 775                 |
| 3   | Использовано запасов влаги в почве, м <sup>3</sup> /га                                 | 1150                |
| 4   | Осадки в вегетацию, м <sup>3</sup> /га                                                 | 765                 |
| 5   | Подано оросительной воды, м <sup>3</sup> /га                                           |                     |
| 5.2 | По варианту щелевания дна борозд                                                       | 1190                |
| 5.3 | По варианту 5 щелевание дна борозд<br>+ пленочное покрытие гребней борозд              | 1990                |
| 5.4 | По варианту 4 щелевание дна борозд<br>+ пленочное покрытие<br>+ внесение препарата К-9 | 1990                |
| 6   | Общий расход воды по вариантам, м <sup>3</sup> /га<br>(5,2; 5,3; 5,4)                  | 3530                |
| 7   | Общие затраты воды                                                                     | 4825                |
| 8   | Использовано из запасов влаги в почве, % от общего расхода (5,2;<br>5,3; 5,4)          | 32,6                |
| 9   | Использовано оросительной воды, % от общего расхода (5,2; 5,3;<br>5,4)                 | 56,4                |
| 10  | Урожай хлопка-сырца, ц/га (5,2; 5,3; 5,4)                                              | 35,6; 41,1;<br>43,6 |
| 11  | Общий расход воды на 1 центнер урожая, м <sup>3</sup> (5,2; 5,3; 5,4)                  | 99,1; 85,9;<br>81,0 |
| 12  | Расход оросительной воды на 1 центнер урожая, в м <sup>3</sup> (5,2; 5,3; 5,4)         | 56; 48,4; 45,6      |
| 13  | Подпитка влаги из грунтовых вод, м <sup>3</sup> /га                                    | 2500                |
| 14  | Общие затраты воды, м <sup>3</sup> /га                                                 | 6030                |

Водосберегающая технология поливов по различным приемам воздействия позволяет: оценивать КПД техники полива и по нему судить о потерях воды на поле; определять межполивные периоды по изменению запасов влаги в почве; использовать оптимальный режим орошения засухоустойчивого сорта "Шараф-75" по схеме 65-70-65 % НВ и 1-3-0 поливов в вегетацию растений. Совершенствование агротехнических и гидротехнических приемов возделывания хлопчатника позволяет создать предпосылки для экономии поливных норм за счет сокращения потерь воды на поле от 3970 до 3910, 2130 и 1930 м<sup>3</sup>/га.

Урожай хлопка-сырца в вариантах опыта за 2000, 2001, 2002 г.г. составляют: контроль – 18,8; 18,6; 18,9, борозды-щели – 20; 19,8; 20,4, борозда + плёночное покрытие – 25,9; 26,4; 25,7, то же самое с препаратом К – 9 – 27,5; 28; 28,1

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Еременко В.Е. Режим орошения и техника полива хлопчатника. – Ташкент, 1957.
2. Исаев Б.М., Белоусов М.А. Методы вегетационных опытов с хлопчатником. – Ташкент, 1977.
3. Кенке Г., Бертрин А. Охрана почвы. М.: Сельхозиздат, 1962.
4. Камбаров Б.Ф. Техника и технология поливов. Ташкент: Мехнат, 1986.
5. Лактаев Н.Т. Полив хлопчатника. - М.: Колос, 1971.
6. Методика полевых и вегетационных опытов с хлопчатником в условиях орошения / СоюзНИХИ. – Ташкент, 1973.

7. Махсудов Х.М. Эродированные почвы аридной зоны, повышение их плодородия и защита от эрозии. – Ташкент, 1982.
8. Методы агрохимических анализов почв и растений. - Труды СоюзНИХИ. - 1997.
9. Рыжов С.М., Еременко В.Е. Поливы хлопчатника. – Ташкент, 1954.
10. Тарторуцкий С.А. Противоэрозийные гидротехнические мероприятия и орошение в горных условиях / Труды ВАСХНИЛ. - М.: Колос, 1976.
11. Юдин Ф.А. Методики агрохимических исследований. – Москва, 1971.

УДК 678

## **ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА СООРУЖЕНИЯХ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ**

**Абидов А.К., Коренева Л.Н., Зуев О.В., Шипилов В.М.**  
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

Многовековой опыт и практика показывают, что на всех этапах исторического развития человечества благосостояние того или иного общества во многом определяется наличием и состоянием мелиоративных систем. Особенно очевидна эта зависимость в государствах аридных зон, где ограниченность водных ресурсов и крайне неравномерное распределение источников воды по территории требует ее транспортировки на значительные расстояния, что, в конечном счете, способствует созданию сложнейших инженерных сетей и сооружений. Можно безошибочно утверждать, что из всех видов человеческой деятельности мелиоративное и гидротехническое строительство по объемам затрат финансовых средств, труда, энергоресурсов и материалов занимает одно из первых мест. Так же очевидно, что в этом виде капитального строительства особенно на современном этапе технического развития, используются все известные виды строительных материалов.

В настоящее время основными традиционными, классическими строительными материалами продолжают оставаться бетон и железобетон, используемые как для строительства всевозможных инженерных гидротехнических и мелиоративных сооружений, так и для устройства противофильтрационных облицовок транспортных артерий. Эти разновидности строительного материала относятся к наиболее долговечным. Теоретическая долговечность конструкций из них определяется в сотню и более лет. Но из мировой практики известно, что практически через 15-20 лет даже при самом строжайшем соблюдении норм и правил строительства в бетонных конструкциях гидротехнических сооружений возникают трещины и щели, наблюдаются поверхностное шелушение и разрушение, вызывающее возникновение или усиление фильтрации воды со скоростью 3 л/с и более. Примерами могут служить плотины АГГЕР (Германия), Майнтрог (Англия), Арно и Саларно (Италия), Номендланд (Норвегия), Маринума (Япония), Флоуренс Лайк (США), Рыбинский шлюз (СССР), Мамаканская ГЭС (Россия). /1/. Такое несоответствие теоретической и практической долговечности традиционного строительного материала объясняется многими причинами, главными из которых являются: агрессивное воздействие пресных и минерализованных вод; большой модуль поверхностей сооружений; деформация оснований сооружений; периодичность смачивания-высыхания; многократные температурные колебания; разуплотнения деформационных и усадочных швов. Так или иначе, через 15-20 лет, а то и раньше возникает необходимость в ремонтно-

восстановительных работах с применением полимерных армированных покрытий, способных обеспечить безаварийную работу сооружений еще 20 и более лет. В качестве примера положительного результата таких ремонтно-восстановительных работ с применением эпоксидных покрытий можно привести плотины Суорва в Швеции, Номендланд в Норвегии, Энел в Италии, Виктория в США, лотки Братского АПК в России, ДнепрогЭС в Украине, насосные станции Каршинского канала в Узбекистане, срок службы которых после ремонта был продлен на 15-20 лет.

Для гидроизоляции покрытий мелиоративных и гидротехнических сооружений помимо эпоксидных компаундов используются в виде инъектируемых, монтируемых и других видов нанесения композиции на основе фурановых полимеров, полученных из мономеров ФА, ФЛ-2, ФЛ-4, а также на основе кремнийорганических, поливинилацетатных, анилиноформальдегидных, полиэфирных, полистирольных, полиамидных, карбамидных и фенолформальдегидных смол. Помимо этих относительно и абсолютно жестких полимерных композиций для указанных целей широко используются эластомерные достаточно гибкие тиоколовые материалы марок У-30М, У-30МЭС-5, У-30МЭС-10, У-31, У-32, У-34, У-36, 51-УТО, В4ТЭФ, АМ-05, КБ-05, Гидром.

Кроме перечисленных полисульфидных каучуков в строительстве, особенно в мелиорации, используются силоксановые полимеры, каучуки марок «Виксинт» У-1-18, У-4-21, У-5-21, ПК-68, КЛТ-30, КЛФ-20, фторсодержащие каучуки-герметики марок ВГФ1, 51-Г-15, 51-Г-9 и многие другие. Помимо своего основного назначения, перечисленные эластомерные герметизирующие материалы довольно широко применяются при ремонтно-восстановительных работах мелиоративных систем для восстановления непроницаемости бетонных гидротехнических сооружений благодаря созданию тонкослойных экранов на внутренней поверхности фильтрующих элементов напорных дюкеров.

Отдел строительных материалов НПО САНИИРИ, с первых дней своей деятельности активно участвовал в формировании научной базы мелиоративного строительства в Среднеазиатском регионе. При его непосредственном участии были возведены все значимые водохозяйственные объекты в республиках Центральноазиатского региона. Специалисты отдела, ставшие впоследствии видными советскими учеными, детально исследовали местную сырьевую базу, разрабатывали композиции и составы из экономически доступных материалов и внедряли их в гидротехническое и мелиоративное строительство. В разные годы работы специалистов удостаивались золотых и серебряных наград Выставки достижений народного хозяйства (ВДНХ) бывшего Союза. И на нынешнем этапе, специалисты отдела, учитывая его традиции, продолжают исследования отечественной сырьевой базы строительных материалов, в том числе отходов различных производств, создают композиции, испытывают и внедряют в практику новые составы и композиционные материалы с хорошими технико-экономическими показателями. При этом стратегия поиска новых композиций строится на использовании отечественных, а не импортных дефицитных компонентов. Мы считаем это наиболее целесообразным и правильным путем, учитывающим положение, сложившееся на мелиоративных сетях республики.

Так, нашими обследованиями было установлено, что только в Джизакской области протяженность бетонных элементов водоводов с низкой прочностью составляет не менее 70 %, замена которых только на одном километре лотковой сети может потребовать не менее 27 млн.сум. Восстановление же всех ирригационных сетей Узбекистана с учетом их протяженности требует значительных финансовых средств. В связи с этим нами была произведена переоценка всех средств и способов ремонтно-восстановительных работ с применением как традиционных, так и монтируемых полимерных материалов, а также известных лакокрасочных композиций, приведенных выше.

Таблица 1. Себестоимость традиционных средств и способов ремонтно-восстановительных работ на сооружениях мелиоративных систем

| Материал покрытия                              | Стоимость 1 м <sup>2</sup> / сум, в том числе |          |           |           |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------|-----------|-----------|
|                                                | матер.                                        | зарплата | транспорт | Итого     |
| Монолитный бетон марки М-300                   | 4446                                          | 846      | 383       | 5160      |
| Армированный торкретбетон                      | 2050                                          | 205      | 495       | 2700      |
| Эпоксидная композиция марки К 153              | 6865                                          | 687      | 687       | 8239      |
| Эпоксидная композиция марки ЭПЦ-1              | 7300                                          | 730      | 730       | 8760      |
| Эпоксидная композиция марки ЭКК-100            | 7975                                          | 798      | 798       | 9571      |
| Арзамит                                        | 6040                                          | 600      | 600       | 7240      |
| Жидкостекольный бетон                          | 27000                                         | 2700     | 2700      | 32400     |
| Затирочные жидкостекольные                     | 1470                                          | 147      | 147       | 6010      |
| Полиэфирные композиции                         | 5993                                          | 600      | 600       | 7193      |
| Пластобетон ФА толщиной 5 см                   | 15000                                         | 1500     | 1500      | 18000     |
| Предлагаемая карбамидная окрасочная композиция | 1000-1300                                     | 100      | 100       | 1200-1500 |

Как видно из табл.1, применение традиционных и известных полимерных композиций сопряжено со значительными финансовыми затратами и необходимостью приобретения компонентов за рубежом, ввиду отсутствия их производства на территории республики. Учитывая вышеизложенное, нами проведен поиск отечественных ресурсов для создания композиционных материалов типа поверхностных лакокрасочных покрытий, аналогичных эпоксидным компаундам, но с более низкими экономическими показателями. В результате длительных экспериментально-лабораторных исследований было установлено, что такая конкурентоспособная, аналогичная эпоксидным по своим физико-механическим и эксплуатационно-техническим показателям композиция может быть получена на основе карбамидных смол с добавлением акриловых сополимеров, фенолформальдегидных смол, модифицированных поливинилацетатами, графита и акрилового волокна.

Таблица 2. Адгезионная прочность эпоксидных компаундов с бетоном при экспозиции их в воде в течение 1-го года

| Марка эпоксидной композиции        | Адгезия к бетону, МПа при испытании на прочность |       |        | Коэффициент водостойкости |
|------------------------------------|--------------------------------------------------|-------|--------|---------------------------|
|                                    | срез                                             | изгиб | разрыв |                           |
| ЭПЦ с пластификатором МГФ-9        | 4,50                                             | 8,6   | 3,30   | 0,79                      |
| К-153 с полисульфидным каучуком    | 3,29                                             | 6,95  | 2,29   | 0,78                      |
| БОВ-1 с мономером ФА               | 3,45                                             | 7,20  | 2,38   | 0,78                      |
| ЭКК 100 с добавкой каучука СКН-10А | 0,85                                             | 1,50  | 0,47   | 0,90                      |
| ЭСФКС со сланцевыми фенолами       | 1,20                                             | 2,50  | 0,83   | 0,81                      |
| ЭКС с каменноугольной смолой       | 1,32                                             | 2,70  | 0,89   | 0,82                      |

Продолжительные сравнительные испытания адгезионной прочности контакта основных известных эпоксидных компаундов с бетоном при экспозиции их в воде показали нижеследующие результаты (табл.2). Испытания проводились по стандартным методикам с использованием стандартных образцов бетона марки М-300.

Параллельно с испытанием указанных эпоксидных компаундов, широко используемых при ремонтно-восстановительных работах гидротехнических сооружений, мы исследовали адгезионную прочность к бетону клеевых композиций, разработанных на

основе карбамидных смол с использованием акриловых сополимеров и фенольно-ацетальных смол. Данные этих испытаний даны в табл.3.

Таблица 3.Адгезионная прочность с бетоном карбамидных композиций при экспозиции их в воде в течение 1-го года

| Состав композиций                                                                                   | Адгезия к бетону, МПа при испытании |          |           | Коэффициент водостойкости |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------|-----------|---------------------------|
|                                                                                                     | срез                                | изгиб    | разрыв    |                           |
| Карбамидная непластифицированная с добавками графита, акрилового волокна и фенольноацетального клея | 2,9-3,4                             | 5,9-6,7  | 1,95-2,24 | 0,78-0,79                 |
| То же, пластифицированная акриловым сополимером                                                     | 2,6-3,2                             | 5,2-6,57 | 1,8-2,18  | 0,75-0,77                 |

Исследования физико-механических и эксплуатационно-технических характеристик известных эпоксидных компаундов и разработанных карбамидных композиций проводились с помощью стандартных методик и рекомендаций. Данные этих испытаний приведены в табл. 4.

Как видно из табл. 2-4, физико-механические и эксплуатационно-технические показатели разработанной карбамидной композиции практически равны показателям эпоксидных компаундов, но при этом карбамидная композиция почти в 7 раз дешевле (табл.1).

Таблица 4. Прочностные характеристики эпоксидных и карбамидных композиций

| Материал композиции и марка    | Прочность на растяжение при изгибе при экспозиции в среде в течение суток, МПа |          |          | Коэффициент водостойкости |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|---------------------------|
|                                | воздух 360                                                                     | вода 180 | вода 360 |                           |
| Эпоксидная К 153               | 43,1                                                                           | 40,7     | 32,90    | 0,78                      |
| Эпоксидная БОВ-1               | 40,1                                                                           | 35,4     | 30-31    | 0,78                      |
| Карбамидная жесткая            | 37,8                                                                           | 32,8     | 29,64    | 0,75-0,77                 |
| Карбамидная пластифицированная | 36,3                                                                           | 30,5     | 27,95    | 0,75                      |

Помимо карбамидных композиций, являющихся жесткими и относительно жесткими покрытиями, нами были разработаны и исследованы на основе абсолютно гибкие покрытия акриловых сополимеров, пригодные как для монтируемых рулонированных, так и для лакокрасочных изоляций. Физико-механические и эксплуатационно-технические характеристики полученных композиций даны в табл.5.

Таблица 5. Физико-механические свойства эластичных акриловых и акрилобитумных композиций

| №  | Состав композиции                      | Удлинение при растяжении, % | Прочность при растяжении на - воздухе, 180 сут. МПа | Прочность при растяжении в воде, 180 сут МПа | Адгезия к бетону, МПа |       | Коэффициент стойкости по адгезии в воде |
|----|----------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------|-------|-----------------------------------------|
|    |                                        |                             |                                                     |                                              | Воздух                | Вода  |                                         |
| 1. | Акриловые пленки                       | 550-700                     | 1,5                                                 | 0,85                                         | 0,18                  | 0,091 | 0,5                                     |
| 2. | То же с 50 % молотого жесткого кирпича | 260-400                     | 3,4                                                 | 2,30                                         | 0,35                  | 0,245 | 0,59                                    |

Продолжение таблицы 5.

|    |                                                            |         |      |       |      |       |      |
|----|------------------------------------------------------------|---------|------|-------|------|-------|------|
| 3. | То же с 50 % мраморной муки                                | 180-300 | 3,2  | 2,12  | 0,36 | 0,195 | 0,72 |
| 4. | То же, что и п.3 – с армированием полипропиленовой рогожей | 100-170 | 25,0 | 23,50 | -    | -     | -    |
| 5. | Битумно-акриловая с 25% битума БНД 200/300                 | 700     | 2,4  | 1,50  | 0,25 | 0,190 | 0,76 |

Поскольку нами при натурных обследованиях мелиоративных лотковых систем помимо основных дефектов, выражающихся во многочисленных сколах, шелушениях, пробоинах, трещинах, кавернах, обнаружено большое количество фильтрующих швов, герметизированных пороизолом, то стала очевидной необходимость разработки способа уплотнения стыковых сопряжений без демонтажа элементов водоводов из-за опасности их разрушения ввиду потери первоначальной прочности. В связи с этим нами были проведены аналитический обзор современных эластомерных герметиков и предварительный поиск альтернативных материалов на основе битумно-акриловых композиций. Данные этого анализа приведены в табл.6.

Таблица 6.Физико-механические свойства герметиков

| Наименование показателей                            | Марки герметиков                 |                  |             |                    |                                       |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------|------------------|-------------|--------------------|---------------------------------------|
|                                                     | Тиаколовые<br>КБ-0,5;<br>АМ-0,5; | Бутиловый<br>БГМ | МББГ        | Эластосил<br>11-06 | Предлагаемые<br>битумно-<br>акриловые |
| Предел прочности при разрыве, мПа                   | 0,8-3                            | 0,6-1            | 0,15        | 1,5-1,7            | 1,5-2,4                               |
| Относительное удлинение, %                          | 150-300                          | 200-300          | 100-150     | 230-260            | 150-700                               |
| Напряжение при 50 % удлинения, мПа                  | 0,4-1,5                          | 0,2-0,4          | 0,05        | 0,6-0,75           | 0,1-0,14                              |
| Адгезия к бетону, мПа                               | 0,9-2                            | 0,2-0,4          | 0,1-0,2     | 1-1,2              | 0,18-0,25                             |
| Температурные пределы эксплуатации, оС              | (-40) –(+70)                     | (-40)-(+70)      | (-30)-(+70) | (-60)-(+90)        | (-19)-(+70)                           |
| Коэффициент водостой-кости по прочности 0С          | 0,65-0,75                        | 0,2-0,25         | 0,7-0,75    | 0,6-0,8            | 0,7-0,75                              |
| Коэффициент водостой-кости по адгезии               | 0,6-0,7                          | 0,17-0,2         | 0,7-0,75    | 0,6-0,75           | 0,7-0,72                              |
| Ориентировочная стои-мость 1 кг герметика, тыс. сум | 4-8                              | 2,5-4            | 1,7-3       | 6-10               | 0,7-0,9                               |

По результатам планируемого и фактического внедрений разработок в НПО САНИИРИ и ОПХ Гафура Гуляма, нами был произведен расчет эффективности разработок по сравнению с традиционными видами материалов (табл. 7).

Таблица 7. Расчет экономической эффективности использования карбомидных и битумно-акриловых композиций

| №<br>пп | Показатель,<br>расчёт себестоимости                                                            | Обозначение | Показатель варианта |                  |                                  |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------------|------------------|----------------------------------|
|         |                                                                                                |             | Базовый<br>К-153    | Карба-<br>мидный | Битумно-<br>акриловая<br>мастика |
| 1       | Общая площадь внедрения, м2                                                                    | A1          | 240                 | 240              | 240                              |
| 2       | Доля дефектных зон, %                                                                          | A2          | 30                  | 30               | 30                               |
| 3       | Площадь дефектных зона А·А2, м2                                                                | S1          | 72                  | 72               | 72                               |
| 4       | Длина дефектных швов, п.м                                                                      | SШ          | 40                  | 40               | 40                               |
| 5       | Стоимость герметизации швов пороизолом S·1200, сум                                             | ЦП          | 48000               | -                | -                                |
| 6       | Стоимость герметизации швов акрилобитумной мастикой, Сум SШ·ЦАК=40·401                         | ЦАК         | -                   | 16040            | 16040                            |
| 7       | Затраты по материалам покрытий, сум/м2                                                         | ЦМ          | 6865                | 968-0            | 953-0                            |
| 8       | Зарплата, сум/м2                                                                               | ЗП          | 687                 | 193-0            | 180-0                            |
| 9       | Транспорт и механизмы, сум/м2                                                                  | ТМ          | 687                 | 193-0            | 180-0                            |
| 10      | Затраты на покрытие, сум<br>КС=ЦМ+687+687·А2<br>КС=ЦМ+ ЗП+ ТМ=1354·72<br>КС=ЦМ+ ЗП+ ТМ=1313·72 | КС          | 593208-0            | 97488-0          | 94536-0                          |
| 11      | Затраты на механизмы, сум                                                                      | ЦК          | 40000-0             | -                | -                                |
| 12      | Итого себестоимость затрат, сум,<br>ЦС= ЦП+КС+ ЦК                                              | ЦС          | 6455-0              | 99               | 96                               |
| 13      | Итого себестоимость ремонта 1 лотка со швами, тыс/сум                                          | ЦС1         | 32,5                | 5,0              | 4,8                              |

Таким образом, себестоимость ремонта одного лотка при 30%-ной доли дефектных зон на общей площади с использованием новых битумно-акриловой и мастики и карбамидной композиции обеспечивает почти 7-кратную экономию средств по сравнению с традиционными материалами, используемыми для этих целей.

На основании изложенного можно сделать вывод, что поставленные задачи по разработке эффективных экономически доступных композиций на основе местного сырья для ремонтно-восстановительных работ на сооружениях мелиоративных систем выполнены.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Попченко С.Н. гидроизоляция сооружений и зданий. – Л: Стройиздат, 1981.
2. Битумные и асфальтобетонные строительные материалы: Библиографический обзор изобретений. - М., 1986
3. Хаютин Ю.Г. Монолитный бетон. - М.: Стройиздат, 1991.
4. Энциклопедия полимеров. - М.: Советская энциклопедия, 1972.
5. Технология гидроизоляционных материалов / Под ред. И.А. Рыбьева. - М.: Высшая школа, 1991.

## ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НИЗОВЬЕВ РЕКИ АМУДАРЬЯ

Аденбаев Б.Е.

*(Каракалпакский филиал САНИИРИ)*

В последние три десятилетия в результате процессов высыхания Аральского моря, опустынивания, загрязнения природной среды в Приаральском регионе создались сложная экологическая ситуация, которая обусловлена в первую очередь изменением условий его обводненности.

Единственным источником питьевого и технического водоснабжения Приаральского региона являются водные ресурсы реки Амударья, поэтому от водности Амударьи и качества речной воды целиком и полностью зависит судьба этого региона. В последние годы в результате сброса в реку высокоминерализованных коллекторно-дренажных вод произошли большие изменения в гидрохимическом режиме поверхностных вод бассейна реки, особенно в ее низовьях.

В связи с этим целью настоящего исследования явилась оценка современного состояния поверхностных вод низовьев р. Амударья. Объектами исследований служили также воды ирригационных каналов, возвратные коллекторные воды, дельтовые и приморские озера. Гидрохимический режим этих объектов характеризовался на основе наблюдений автора и литературных данных [5]. Водные пробы отбирались по общепринятой методике в период 2000-2004 гг.

Анализ многолетних данных по водному режиму р. Амударья показывает, что, начиная с 60-х годов, в связи с интенсивным использованием водных ресурсов на хозяйственные нужды, главным образом на мелиорацию, существенно изменился водный режим реки и во времени, и по ее длине. Напряженная водохозяйственная обстановка в дельтовой части реки наблюдалась особенно в маловодные годы. Например, в маловодные 2000-2001 гг. сброс воды ниже Тахиаташского гидроузла в течение года практически равнялся нулю, а объем воды, поступающий в дельту реки, по сравнению с периодом 60-х годов сократился на 80 %.

В условиях дефицита водных ресурсов, особенно в маловодные годы, на территории Приаралья следует более полно использовать не только сток Амударьи, но и воду внутридельтовых и ирригационно-сбросных озер, а также сток наиболее крупных магистральных коллекторов. При управлении водным режимом этих объектов большое значение должно уделяться и вопросам качества воды.

В бассейне Амударьи объем возвратных вод составляет 15-25 км<sup>3</sup> в год, из них обратно в реку поступает 10 км<sup>3</sup> [1, 2]. В результате выноса в реку возвратными водами огромного количества солей минерализация речной воды увеличивается по длине потока. Почти 50% увеличения минерализации воды Амударьи происходит за счет сброса коллекторных вод с территорий Каршинской степи и Бухарской области. С ростом минерализации воды изменяется ее ионный состав. В составе амударьинской воды преобладают в основном ионы Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. При увеличении минерализации воды содержание основных ионов растет, а содержание ионов Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, N<sup>+</sup> + K<sup>+</sup> снижается. Из представленных в табл. 1 данных видно, что ниже по течению реки от Термеза до Нукуса качество амударьинской воды ухудшается, в ней возрастает содержание легкорастворимых ионов и биогенных элементов. Это следует учитывать при использовании речной воды как для питьевых целей, так и для орошения сельскохозяйственных культур.

Таблица 1. Изменение качества воды по длине реки Амударья

| Показатель загрязнения | ПДК,<br>мг/л | г. Термез |              | г. Нукус |              |
|------------------------|--------------|-----------|--------------|----------|--------------|
|                        |              | Среднее   | Максимальное | Среднее  | Максимальное |
| Кислород               | 4-6          | 9,60      | 10,75        | 9,22     | 10,29        |
| БПК                    | 3            | 2,06      | 5,80         | 1,49     | 3,37         |
| Азот аммонийный        | 0,30         | 0,03      | 0,14         | 0,02     | 0,05         |
| Азот нитратный         | 0,60         | 0,80      | 1,94         | 0,52     | 0,97         |
| Азот нитритный         | 0,02         | 0,012     | 0,026        | 0,019    | 0,056        |
| Фенолы                 | 0,001        | 0,001     | 0,003        | 0,002    | 0,005        |
| Нефтепродукты          | 0,05         | 0,07      | 0,31         | 0,06     | 0,14         |
| Взвешенные вещества    | -            | 123,20    | 395,00       | 259,5    | 732,00       |
| СПАВ                   | 0,10         | 0,01      | 0,01         | 0,01     | 0,02         |
| Ионы железа            | 0,50         | 0,03      | 0,05         | 0,03     | 0,08         |
| Минерализация          | 1000         | 652       | 911          | 1025     | 1732         |

Минерализация и химический состав воды крупных оросительных каналов, расположенных в низовьях р. Амударья, зависят в основном от водного и солевого режима самой реки. По химическому составу воды ирригационных каналов близки к составу речных вод и повторяют те же закономерности. В табл. 2 приведены данные о химическом составе и минерализации воды крупных каналов Республики Каракалпакстан.

Таблица 2. Среднемноголетний химический состав воды оросительных каналов Республики Каракалпакстан (мг/л)

| Наименование<br>канала | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | Cl <sup>-</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | N <sup>++</sup> K <sup>+</sup> | Сумма<br>ионов |
|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|------------------|--------------------------------|----------------|
| Кызкеткен              | 162                           | 340                           | 239             | 95               | 68               | 139                            | 1043           |
| Суенли                 | 173                           | 266                           | 354             | 130              | 72               | 134                            | 1129           |
| Шуманай                | 165                           | 436                           | 245             | 73               | 43               | 263                            | 1225           |
| Орджоникидзе           | 150                           | 437                           | 340             | 64               | 65               | 288                            | 1644           |

Из данных табл. 2 видно, что в оросительных каналах по сравнению с речной водой наблюдается некоторое повышение минерализации воды и ее солёности, вызванное

увеличением в них содержания ионов хлора. По химическому составу оросительная вода имеет выраженный сульфатно-хлоридный и натриево–кальциево-магниевый тип.

Изменение объема и качества коллекторно-дренажных вод зависит в основном от водности года, степени засоления почвогрунтов, минерализации грунтовых вод, режима орошения и др. В северной зоне Республики Каракалпакстан основными магистральными коллекторами являются КС-1, КС-3, КС-4 и ККС. В настоящее время большинство этих коллекторов впадают в ирригационно-сбросные озера. В табл. 3 представлены сведения о химическом составе воды магистральных коллекторов.

Таблица 3. Химический состав воды некоторых магистральных коллекторов (мг/л)

| Наименование<br>канала | $\text{HCO}_3^-$ | $\text{SO}_4^{2-}$ | $\text{Cl}^-$ | $\text{Ca}^{2+}$ | $\text{Mg}^{2+}$ | $\text{N}^+ + \text{K}^+$ | Сумма<br>ионов |
|------------------------|------------------|--------------------|---------------|------------------|------------------|---------------------------|----------------|
| КС-1                   | 224              | 2189               | 2357          | 456              | 336              | 1620                      | 7182           |
| КС-3                   | 244              | 1382               | 781           | 280              | 322              | 350                       | 3359           |
| КС-4                   | 372              | 1440               | 1300          | 340              | 240              | 832                       | 4524           |
| ККС                    | 254              | 1632               | 1243          | 180              | 396              | 780                       | 4185           |

Как видно из представленных данных, химический состав коллекторных вод довольно однотипен: воды имеют преимущественно сульфатно-хлоридный состав с преобладанием натриевых солей.

Источником питания водоемов Южного Приаралья являются р. Амударья и эти же магистральные коллектора. Из Амударьи питаются в основном водоемы приамударьинской зоны, а водоемы, расположенные в левобережной и правобережной частях дельты реки, питаются из магистральных коллекторов. Экологическое состояние этих водоемов напрямую зависит от изменения экологической ситуации в источнике питания.

Оценка качества гидроэкосистем Южного Приаралья по степени солёности воды для трех разных по водности годов показало, что этот показатель в гидроэкосистемах дельты реки варьирует в пределах от 4-го (солончатая) до 10-го (солёная) классов. В многоводные годы солёность озёр снижается, а в маловодные - повышается. В приамударьинских водоемах солёность самая низкая и соответствует 4-6 классам. Среди приамударьинских водоемов Муйнакский залив отличается высокой солёностью воды, которая почти всегда соответствует 6-му классу солёности, т.е. является умеренно-солончатой. В оз. Сарыбас солёность воды меняется в зависимости от водности года и соответствует 4-му (в многоводные годы) или 5-му (в средние и маловодные годы) классам солёности, т.е. вода в озере изменяется от солончатой до слабосолончатой [4].

В озерах Судочье и Каратерень, которые питаются дренажно-сбросными водами (ККС) с орошаемых полей, солёность воды высокая. В катастрофически маловодные 2000-2001 гг. минерализация воды в оз. Судочье повысилась до 43,6 г/л, солёность воды соответствовала 10-му классу.

Таким образом, установлено, что качество воды водоемов дельты р. Амударья зависит от водности года. В многоводные годы вода в водоемах обычно опресняется, а в маловодные годы солёность их воды увеличивается. Вода становится более солёной и малопригодной для хозяйственного водопользования.

Исходя из вышеизложенного возникает необходимость детального изучения проблемы использования и охраны водных ресурсов в низовьях р. Амударья и разработки

комплекса мероприятий по определению объема воды нужного качества, необходимого для санитарных попусков и поддержания нормальной экологической обстановки в пределах Республики Каракалпакстан.

#### *ЛИТЕРАТУРА:*

1. Аденбаев Б.Е. Современное гидрохимическое состояние водоемов дельты Амударьи // Матер. междунар. конф. «Использование географических информационных систем и симуляционных моделей для исследования и принятия решений в бассейнах рек Центральной Азии», 6-10 июля 2004 г., Ташкент. – С. 85-87.
2. Матсапаева И.В., Аденбаев Б.Е., Константинова Л.Г., Ли Т.П. Современное состояние лимнических экосистем низовьев Амударьи // Водные ресурсы. – 2003. – Т. 30, № 4. – С. 493-497.
3. Николаенко В.А. Проблемы гидрологического мониторинга поверхностных водных ресурсов Республики Центральной Азии // Мелиорация и водное хозяйство: Сб. науч. трудов / САНИИРИ. - Ташкент, 2000. - С. 7-15.
4. Николаенко В.А. Методы оценки качества воды в водных объектах, их совершенствование и система контроля // Матер. Центр.-Азиат. международ. научно-практ. конф. «Экологическая устойчивость и передовые подходы к управлению водными ресурсами в бассейне Аральского моря», 5-8 мая 2003 г. – Алматы, 2003. - С. 319-330.
5. Рубинова Ф.Э. Приток воды и солевой сток в дельты рек Амударьи и Сырдарьи и их динамика в связи с хозяйственной деятельностью // Труды САНИГМИ. - М., 1983. - Вып. 96 (177). - С. 3-11.
6. Чембарисов Э.И., Атаназаров К.М., Лестник Т.Ю., Раннева М.В. Гидроэкологическое состояние бассейна Амударьи // Вестник ККОАН РУз. - 2001. - № 5. – С. 3-5.

УДК: 631.8 +63

## **ФОСФОГИПС ДЛЯ МЕЛИОРАЦИИ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ УЗБЕКИСТАНА**

**Азимбаев С.А., Алиев Ж.Х.**

(Ташкентский Государственный Аграрный Университет)

В настоящее время особую важность приобретают вопросы комплексного использования сырья и отходов, объединения усилий ряда отраслей промышленности и хозяйственно-самостоятельных предприятий для повышения эффективности производства на основе современных высокоэффективных технологий.

Одним из наиболее многотоннажных отходов, образующимся на химических заводах республики, является фосфогипс (ФГ) - отход сернокислотной переработки фосфоритов. Ежегодно в республике создается около 5 млн т, а в отвалах накоплено около 100 млн т ФГ, которые занимают огромные площади поливных земель и загрязняют окружающую среду. Для складирования отвалов ФГ приходится отчуждать большие земельные площади, иногда даже возделываемые земли. Даже при нейтрализации примесей ФГ и правильном его хранении наносится вред окружающей среде. Вредные

вещества из-за распыления и вымывания атмосферными осадками загрязняют атмосферный воздух, подземные и поверхностные воды, почвенно-растительный покров. По мере развития промышленности по производству фосфорсодержащих удобрений вопросы использования ФГ становятся все более актуальными.

С 1986 г. на характерных почвах Узбекистана проводятся опыты по использованию ФГ как мелиоранта. Исследованиями установлено, что на тяжелых по механическому составу почвах внесение ФГ под посевы хлопчатника в количествах 5; 10; 20; 30; 40; 50 т/га способствует улучшению водно-физических свойств почвы; повышает их производительную способность; положительно влияет на содержание подвижного фосфора в почве; нормализует содержание кальция и стабилизирует кальциевый режим орошаемых почв, что является одним из существенных факторов сохранения плодородия.

Среднеазиатские почвы - малогумусные и бесструктурные, склонны к коркообразованию и не отвечают классическим представлениям о хорошей почве. Создание хорошей агрегированности почв в корнеобитаемом слое, несомненно, гарантирует повышение их плодородия, эффективность действия минеральных удобрений и орошения. Большое значение приобретают мероприятия, направленные на создание агрономически ценной (водопрочной и пористой) структуры почв, обеспечивающей оптимальное для возделывания растений и устойчивое во времени сложение почв, благодаря чему можно поддерживать необходимые почвенно-физические условия и управлять почвенным климатом.

Данных о воздействии ФГ на растения хлопчатника не имеется. Учитывая это, мы изучали действие ФГ на урожайность хлопчатника и на содержание в почве подвижного фосфора и кальция. Полученные результаты свидетельствуют о том, что внесение ФГ с органическими удобрениями в почвы, недостаточно обеспеченные подвижными формами фосфора, способствует лучшему питанию растений хлопчатника. Объясняется это тем, что на содержание в почве усвояемых форм фосфорной кислоты значительное влияние оказывает кислотность почвы. Так, при pH до 4,5 фосфаты в почве находятся в трудно-растворимой форме фосфатов железа и алюминия; при pH 4,5-6,0 – в форме монозамещенного фосфата кальция, легко усваиваемого растениями; при pH 7-8 - в форме трехзамещенного фосфата кальция, трудно растворимого и слабо усваиваемого полевыми культурами; с повышением pH от 8,5 до 9,0 растворимость и усваиваемость фосфатов повышается, что связано с образованием в засоленных почвах фосфатов одновалентных катионов (Na, K).

#### *Изучение подвижного фосфора фосфогипса*

Изучение поглощения (закрепления) фосфора почвами необходимо для своевременного регулирования фосфорного режима почв, а также для обоснования разработки рациональных приемов применения фосфорных удобрений. Для изучения закрепления фосфора ФГ в почвах и песках были взяты по 200 г образцов, просеянных через сито в 1 мм. Песок предварительно был тщательно промыт водой от питательных элементов.

Почвенные субстраты помещали в коробочки, вносили в них в различных дозах ФГ, тщательно перемешивали и увлажняли образцы в пределах 60 % от полевой влагоемкости при температуре 20-22<sup>0</sup>С. Дозы ФГ вносились в коробочки в количестве 0; 0,5; 1; 2; 3; 4 и 5 г в четырехкратной повторности каждого варианта. Сроки компостирования – 1, 15, 30, 60 и 90 дней. После окончания каждого срока образцы обрабатывали теми же способами, что и до закладки опыта, и колориметрическим способом определяли подвижный фосфор.

Результаты анализов показали следующее (табл.1). Содержание подвижного фосфора в контрольном варианте (К) в почвах колебалось в пределах 36 мг/кг почвы, с нарастанием вносимых доз ФГ количество его увеличивается. Уже через сутки после внесения в почву ФГ наибольшее количество подвижного фосфора выявлено в вариантах с 4 и 5 г ФГ на 200 г почвы. По истечении срока внесения ФГ содержание подвижного

фосфора в почвах постепенно уменьшается. Аналогично этому внесение ФГ в пески вызывает увеличение содержания в них подвижного фосфора. Однако необходимо отметить, что максимум закрепления фосфора в песках достигается к 30-му дню, тогда как в почвах этот максимум наблюдается уже в первый день после внесения ФГ.

Таблица 1. Степень закрепления фосфора в почвах и песках (мг/кг)

| №№ вар   | 1-й день | 15-й день | 30-й день | 60-й день | 90-й день |
|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| В почвах |          |           |           |           |           |
| К        | 36,0     | 34,6      | 36,0      | 48,0      | 48,0      |
| 1        | 48,0     | 50,8      | 50,8      | 65,0      | 58,0      |
| 2        | 72,0     | 61,4      | 61,4      | 76,0      | 60,2      |
| 3        | 116,0    | 78,0      | 67,2      | 88,0      | 67,0      |
| 4        | 124,0    | 88,0      | 88,0      | 101,0     | 72,0      |
| 5        | 158,0    | 112,0     | 111,2     | 96,0      | 82,0      |
| В песках |          |           |           |           |           |
| К        | -        | 3,0       | -         | -         | -         |
| 1        | 55,6     | 65,0      | 48,0      | 51,0      | 30,0      |
| 2        | 78,0     | 88,0      | 76,0      | 106,0     | 74,0      |
| 3        | 82,8     | 105,0     | 112,0     | 111,0     | 76,0      |
| 4        | 88,0     | 136,0     | 144,0     | 144,0     | 82,0      |
| 5        | 159,0    | 154,0     | 176,0     | 102,0     | 101,0     |
| 6        | 181,0    | 210,0     | 276,0     | 144,0     | 128,0     |

При сравнении данных вариантов опыта с различной степенью фосфогипсования следует отметить, что количество подвижного фосфора в почвах и песках во все сроки наблюдений находится в прямой зависимости от количества внесенного ФГ. Чем выше доза ФГ, тем больше количество подвижного фосфора фосфорной кислоты обнаруживается в почве и песках.

Таким образом, результаты полевых и лабораторных опытов убеждают в том, что внесение ФГ в почву положительно сказывается на содержании подвижного фосфора, что и отмечалось Беспасовой Р.С. (1988 г.) и другими авторами.

#### *Изучение изменения кальция в почвах при внесении в них фосфогипса*

Кальций играет важную роль в питании растений, в создании благоприятных для растений физических, физико-химических и биологических условий. Ионы Са преобладают в почвенном растворе. Обычно растения не испытывают недостатка в Са, однако многие почвы нуждаются в известковании или гипсовании в целях улучшения их свойств. Поэтому при изучении закрепления подвижного фосфора, образующегося в результате внесения ФГ, мы также определяли содержание обменного Са. Результаты, приведенные в табл.2, показывают, что при внесении ФГ его содержание в почвах и песках увеличивается. Наибольшее количество Са закрепляется в первый день, затем обменный Са обнаруживается в небольших количествах.

Если сопоставить результаты анализа образцов почв и песка, то можно видеть, что при одних и тех же нормах внесения ФГ количество Са в почвах в несколько раз больше, чем в песках, что можно объяснить разложением Са в почвах.

Таким образом, исследования показывают, что стабилизация кальциевого режима орошаемых почв путем внесения ФГ является одним из существенных факторов сохранения их плодородия.

Таблица 2.Изменение содержания обменного Са в почвах и песках при внесении в них фосфогипса

| Вариант | 1-й день |       | 15-й день |       | 30-й день |       | 60-й день |       |
|---------|----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
|         | Мг/экв   | %     | Мг/экв    | %     | Мг/экв    | %     | Мг/экв    | %     |
| Почва   |          |       |           |       |           |       |           |       |
| 1       | 5,6      | 0,112 | 6,4       | 0,128 | 8,0       | 0,160 | 6,4       | 0,128 |
| 2       | 8,0      | 0,160 | 8,8       | 0,176 | 8,0       | 0,176 | 11,2      | 0,224 |
| 3       | 12,8     | 0,256 | 17,6      | 0,352 | 12,8      | 0,256 | 16,0      | 0,320 |
| 4       | 17,6     | 0,322 | 23,6      | 0,480 | 20,8      | 0,416 | 23,2      | 0,464 |
| 5       | 23,2     | 0,464 | 26,4      | 0,528 | 28,8      | 0,576 | 27,2      | 0,544 |
| 6       | 27,2     | 0,544 | 32,8      | 0,656 | 29,6      | 0,592 | 32,8      | 0,656 |
| 7       | 30,4     | 0,608 | 33,6      | 0,672 | 37,3      | 0,747 | 39,2      | 0,784 |
| Песок   |          |       |           |       |           |       |           |       |
| 1       | 2,4      | 0,048 | 2,4       | 0,048 | 4,53      | 0,090 | 4,8       | 0,096 |
| 2       | 2,4      | 0,048 | 5,6       | 0,112 | 7,20      | 0,144 | 7,6       | 0,182 |
| 3       | 6,4      | 0,128 | 7,6       | 0,152 | 7,20      | 0,144 | 8,8       | 0,176 |
| 4       | 11,2     | 0,224 | 8,0       | 0,160 | 8,80      | 0,176 | 11,2      | 0,224 |
| 5       | 16,0     | 0,320 | 9,6       | 0,192 | 12,00     | 0,240 | 16,8      | 0,366 |
| 6       | 20,8     | 0,416 | 11,2      | 0,224 | 16,00     | 0,320 | 20,8      | 0,416 |
| 7       | 24,8     | 0,496 | 16,0      | 0,320 | 16,80     | 0,366 | 27,2      | 0,544 |

*Влияние внесения фосфогипса на рост, развитие и урожайность хлопчатника*

Важным показателем благополучия водного и питательного режимов почв является само растение. Поэтому с момента появления всходов мы провели фенологические наблюдения за ростом, развитием и урожайностью хлопчатника по фазам его развития. Они показали, что в течение двух лет по таким показателям, как высота главного стебля, количество бутонов, цветков и набор коробочек, в лучшем состоянии были растения, где в почву вносился ФГ в норме 20, 40, и 50 т/га.

В первом году наблюдений во всех вариантах с внесением ФГ на даты 1 июля и 1 августа отмечено увеличение высоты главного стебля растений хлопчатника. Растения на почвах без внесения ФГ в эти же даты развития имели высоту стебля на 12,5 и 0,8 см ниже. Во втором году этот показатель во всех вариантах был выше по сравнению с контролем: на 1 июля - от 4,3 до 3,5 см; на 1 августа - от 5,6 до 0,1 см. Рост растений был равномерным на всем протяжении вегетации и проходил более интенсивно во 2-м году.

По набору бутонов, цветков и коробочек растения всех вариантов опыта в течение двух лет превышали контрольный вариант. Это особенно отчетливо видно по набору коробочек в вариантах, где ФГ вносился в почву в норме 20; 40 и 50 т/га: в первом году насчитывалось 6,9; 7,8; 7,5 коробочек, а во втором - 5,4; 6,0; 5,3 коробочек.

Средняя масса одной коробочки хлопка-сырца во все годы исследований во многих случаях превышала контроль на 0,2-0,1г. Следовательно, прибавка урожая во втором году была также больше и составила соответственно 0,3; 0,4; 0,9; 3,9; 2,9 и 3,4 ц/га.

*ЛИТЕРАТУРА:*

1. Азимбаев С.А. Фосфогипс – на нужды сельского хозяйства // Сельское хозяйство Узбекистана – 1988. - № 9.
2. Азимбаев С.А. и др. Фосфогипс // Хлопок. - 1990.
3. Азимбаев С.А., Шералиев Х. Фосфогипс в солонцеватые почвы Узбекистана. – Ташкент, 1992.
4. Азимбаев С.А. Использование фосфогипса в сельском хозяйстве Узбекистана // Актуальные проблемы качества и безопасности сельскохозяйственных продуктов и

тенденции развития аграрной научно-образовательной системы (Матер. конф., 28-30 октября 2004 г., Армения).

5. Азимбаев С.А., Большакова Л.Н. Разработка эффективных приемов использования средств химизации в земледелии Узбекистана // Междунар. научно-практ. конф. «Вузовская наука – сельскому хозяйству», Барнаул, 2005 г.

УДК 627.157

## К ОЦЕНКЕ ТРАНСПОРТА РЕЧНЫХ НАНОСОВ В ТРУБОПРОВОДАХ

Арифжанов А., Илхомов Х., Низамутдинов Д., Рахимов К.  
(ТТИИМ)

В последние годы в связи с развитием строительства насосных станций и внедрением современных способов полива сельхозугодий (капельное орошение) возникла необходимость в исследованиях закономерности течения потока с речными наносами в трубопроводах. Такие исследования приобретают особую актуальность в связи с ростом машинной водоподдачи.

В данной работе исследуется движение в трубопроводах двухфазного потока воды с речными наносами и без них.

Рассмотрим движение двухфазного потока в горизонтальной цилиндрической трубе. В этом случае уравнения движения двухфазных сред в цилиндрических координатах будут иметь вид [1, 2]:

$$\begin{aligned} \rho_n \frac{du_{nr}}{dt} = & -f_n \frac{\partial p}{\partial r} + \frac{\partial}{\partial r} \left\{ f_n \left( -\frac{2}{3} \mu_n \operatorname{div} U + 2 \mu_n \frac{\partial u_{nr}}{\partial r} \right) \right\} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left\{ f_n \mu_n \left( \frac{1}{r} \frac{\partial u_{nr}}{\partial \varphi} + \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{\partial u_{n\varphi}}{\partial r} - \frac{u_{n\varphi}}{r} \right) \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ f_n \mu_n \left( \frac{\partial u_{nz}}{\partial r} + \frac{\partial u_{nr}}{\partial z} \right) \right\} + \frac{2 \mu_n}{r} f_n \left( \frac{\partial u_{nr}}{\partial r} - \frac{1}{r} \frac{\partial u_{n\varphi}}{\partial \varphi} - \right. \\ & \left. - \frac{u_{nr}}{r} \right) + K_n \left( u_{\frac{2}{n}} - u_n \right) + \rho_n F_{nr} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \rho_n \frac{du_{nr}}{dt} = & -f_n \frac{\partial p}{\partial r} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ f_n \left( -\frac{2}{3} \mu_n \operatorname{div} U + 2 \mu_n \frac{\partial u_{nz}}{\partial z} \right) \right\} + \\ & + \frac{\partial}{\partial r} \left\{ f_n \mu_n \left( \frac{\partial u_{nz}}{\partial r} + \frac{\partial u_{nr}}{\partial z} \right) \right\} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left\{ f_n \mu_n \left( \frac{\partial u_{n\varphi}}{\partial z} + \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{1}{r} \frac{\partial u_{nz}}{\partial \varphi} \right) \right\} + \frac{\mu_n}{r} f_n \left( \frac{\partial u_{nz}}{\partial r} + \frac{\partial u_{nr}}{\partial z} \right) + K_n \left( u_{\frac{2}{n}} - u_n \right) + \rho_n F_{nz} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_n \frac{du_{n\varphi}}{dt} = & -\frac{f_n}{r} \frac{\partial p}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left\{ f_n \left( -\frac{2}{3} \mu_n \operatorname{div} U + 2\mu_n \left( \frac{1}{r} \frac{\partial u_{n\varphi}}{\partial \varphi} + \right. \right. \right. \\ & \left. \left. \left. + \frac{u_{nr}}{r} \right) \right) \right\} + \frac{\partial}{\partial r} \left\{ f_n \mu_n \left( \frac{1}{r} \frac{\partial u_{nr}}{\partial \varphi} + \frac{\partial u_{n\varphi}}{\partial r} - \frac{u_{n\varphi}}{r} \right) \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ f_n \mu_n \left( \frac{\partial u_{n\varphi}}{\partial z} + \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{1}{r} \frac{\partial u_{nz}}{\partial \varphi} \right) \right\} + \frac{2\mu_n}{r} f_n \left( \frac{1}{r} \frac{\partial u_{nr}}{\partial \varphi} + \frac{\partial u_{n\varphi}}{\partial r} - \frac{u_{n\varphi}}{r} \right) + K_n \left( u_{\frac{2}{n}} - u_n \right) + \rho_n F_{n\varphi} \end{aligned}$$

где  $F_{nr}, F_{n\varphi}, F_{nz}$  - проекции массовых сил (здесь и в дальнейшем при  $n=1$  рассматривается первая фаза, при  $n=2$  - вторая фаза).

Предполагаем, что движение - установившееся, входящие в состав смеси твердые частицы - одинаковы по плотности и являются функцией от  $r$  ( $0 < r < R$ ) и  $\varphi$  ( $0 < \varphi < 2\pi$ ). При этом считаем, что компоненты скоростей удовлетворяют условиям:

$$\begin{aligned} 1. \quad & u_{nr} = u_{n\varphi} = 0 \\ 2. \quad & u_{nz} = u_n \quad (n=1,2), \end{aligned} \quad 3. \quad (2)$$

т.е. движение потока принято одномерным. Для этого случая уравнение неразрывности имеет вид:

$$4. \quad \frac{d(\rho_n u_n)}{dz} = 0, \quad 5. \quad (3)$$

где  $\rho_n$  - приведенная плотность фаз, которая является функцией от  $r$  и  $\varphi$ .

Исходя из условия  $\rho_n = \text{const}$  и подставляя эту величину в (3), имеем:

$$6. \quad \frac{du_n}{dz} = 0 \quad 7. \quad (4)$$

Тогда с учетом зависимостей (2) и (4) дифференциальное уравнение взаимопроникающего движения двухфазной смеси (1) примет вид:

$$\left. \begin{aligned} f_n \frac{dp}{dz} &= \frac{\mu_n}{r} \cdot \frac{d}{dr} \left( r f_n \frac{du_n}{dr} \right) + \frac{\mu_n}{r^2} \cdot \frac{d}{d\varphi} \left( f_n \frac{du_n}{d\varphi} \right) + K(u_{2/n} - u_n), \\ f_n \frac{dp}{dr} &= 0, \\ f_n \frac{dp}{d\varphi} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где  $K$  - коэффициент взаимодействия фаз;

$\mu_n$  - коэффициент вязкости фаз.

Из двух последних уравнений следует:

$$8. \quad \frac{dp}{dr} = 0; \quad \frac{dp}{d\varphi} = 0 \quad 9. \quad (6)$$

Отсюда имеем, что в цилиндрической системе координат перепад давления является функцией только координаты  $z$  и не зависит от координат  $r$  и  $\varphi$ .

К дифференциальным уравнениям движения (5) добавим уравнение баланса:

$$10. \quad f_1 + f_2 = 1, \quad 11. \quad (7)$$

где распределение концентрации второй фазы  $f_2$  определяется по формуле [3], граничные условия прилипания при  $r = R$  :

$$12. \quad u_1 = 0, u_2 = 0, \quad 13. \quad (8)$$

а условие симметричности по вертикальной оси ( $y$ ), т.е. при  $\varphi=90^0$  и  $\varphi=270^0$ , - по формуле:

$$14. \quad \frac{du_1}{d\varphi} = 0; \quad \frac{du_2}{d\varphi} = 0 \quad 15. \quad (9)$$

Отметим, что в предложенной модели (1)-(5) учитывается неравномерность распределения концентрации по глубине потока (ввиду чего коэффициент взаимодействия  $K$  имеет переменную величину), тогда как в ранее выполненных работах в основном рассматривалось равномерное распределение концентрации, и исходя из этого коэффициент взаимодействия принимался в качестве постоянной величины. Но такое решение задачи не может полностью характеризовать природу двухфазной жидкости, т.к. концентрация второй фазы распределена по глубине потока неравномерно. Поэтому в данной работе  $K$  рассматривается как нелинейная функция от распределения концентрации второй фазы, т.е. коэффициент взаимодействия фаз принимается в виде:

$$16. \quad K = K_1 f_r^\beta, \quad 17. \quad (10)$$

где  $K_1$  -коэффициент пропорциональности.

Таким образом, для исследования движения двухфазного потока имеем замкнутую систему уравнений (5), (7) - (10). Решение системы уравнений получено численным методом.

Анализ результатов показывает, что для движения двухфазной жидкости разных параметров неравномерно распределенной по сечению потока концентрацией по горизонтальному цилиндрическому трубопроводу характерным является несимметричный профиль скоростей фаз относительно горизонтальной плоскости, проходящий по оси трубопровода.

Из анализа профиля скоростей видно, что динамическая ось потока не совпадает с осью трубопровода, как это имеет место в однофазном потоке. Положение максимальной скорости двухфазного потока сдвинуто вверх относительно оси трубопровода, а в нижней части потока появляется деформация эпюры скоростей. Асимметрия в распределении продольных скоростей вызвана неравномерным распределением концентрации по глубине потока. При увеличении концентрации второй – твердой - фазы основная масса твердых частиц стремится двигаться у дна потока, обуславливая этим большое сопротивление

нижних слоев. Вследствие этого в нижних слоях происходит торможение движения, и придонная скорость уменьшается. Асимметричный профиль скоростей ярко выражен при малых значениях перепада давления. С увеличением перепада давления деформация в нижней части профиля скоростей сглаживается, и несимметричный профиль скоростей стремится к параболической форме, как у однофазной жидкости.

Численные результаты показывают, что горизонтальные хорды эпюр продольных скоростей по сечению потока являются симметричными относительно вертикального диаметра.

Для проверки полученных данных профилей скоростей расчетные величины были сопоставлены с измеренными. Сопоставление показывает, что результаты с переменным  $K$  более удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными Н.А.Силина, М.А.Дементьева по сравнению с  $K=\text{const}$  (рисунок).

Таким образом, результаты исследований позволили установить, что при описании природы двухфазного турбулентного потока с неравномерным распределением концентрации второй фазы, необходимо учитывать взаимодействие фаз и характер распределения речных наносов по глубине потока.

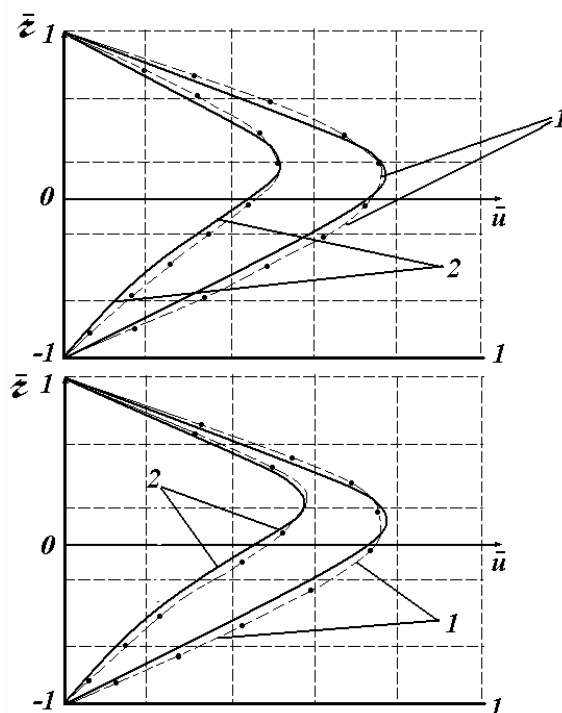


Рис.1. Сопоставление скоростей фаз, определенных расчетным (сплошная линия) и экспериментальным (штриховая линия) способами: 1-несущая фаза, 2- твердая фаза.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Латипов К.Ш., Арифжанов А.М. Вопросы движения взвесенесущего потока в открытых руслах. - Ташкент, 1994. - 110 с.
2. Арифжанов А.М. Распределение взвешенных частиц наносов в стационарном потоке // Водные ресурсы. – 2001. - №2. - С. 184-189.
3. Латипов К.Ш., Арифжанов А.М. О структуре движения вязкой жидкости // Труды междунар. конф. «Динамика и термика рек, водохранилищ и прибрежной зоны морей». – М., 1999. - С. 239-241.

## **ПЛАТНОМУ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЮ - КАЧЕСТВЕННОЕ КАДАСТРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

**Базаров А.К.**

(Ташкентский институт ирригации и мелиорации)

Внедрение рыночных принципов в сельскохозяйственное водопользование предусматривает введение платежей за оросительную воду как природного ресурса и транспортировку ее от источников к месту потребления. Целью введения платежей является обеспечение рационального использования воды, компенсация хозяйствующим субъектам затрат на транспортировку воды, включая затраты на поддержание рабочего состояния ирригационной сети, а также стимулирование эффективного использования воды дехканскими, фермерскими и ширкатными хозяйствами.

Введение платежей за водопользование требует: достоверного учета площадей орошаемых земель и площадей под ирригационной сетью; строгого учета потребления воды каждым пользователем; установления достоверных поливных и оросительных норм в зависимости от почвенно-климатических условий и видов сельскохозяйственных культур; установления стоимости единицы объема ( $\text{м}^3$ ) поливной воды как природного ресурса и стоимости его транспортировки. Для этого необходимо соответствующее кадастровое информационное обеспечение. При этом требуется не только водно-кадастровая, но и земельно-кадастровая информация, то есть платное водопользование предъявляет соответствующие требования одновременно к водному и земельному кадастрам.

Система водопользования страны представляет собой 4-х-уровневую производственно-территориальную структуру: МСВХ (или отрасль хозяйства) – БУИС (бассейновые управления ирригационных систем) – АВП (ассоциации водопользователей) – первичные водопользователи (или хозяйства). Взаиморасчеты за водопользование и их порядок должны осуществляться в соответствии с данной структурой, поэтому необходима кадастровая информация не только о первичных водопользователях и землепользователях, но и обо всех структурных подразделениях.

На высшем уровне системы водопользования – МСВХ – учетные и оценочные кадастровые данные должны включать: количество и структуру источников оросительной воды (реки, водохранилища); объем оросительной воды в целом и по всем источникам отдельно (годовой запас); необходимый объем поливной воды по стране (потребности); качество поливной воды (механический и химический состав) – балл бонитета воды (ББВ) по каждому источнику; нормативную стоимость 1  $\text{м}^3$  оросительной воды с учетом ББВ; экспликацию орошаемых земель по стране; площадь земель под гидротехническими сооружениями (ГТС – водохранилища, плотины, водозаборы из рек, насосные станции), находящимися в ведении МСВХ; ставку налога для земельных участков ГТС.

На уровне БУИС необходимы следующие данные: площади орошаемых земель и структура угодий, «подвешенных» к конкретной ирригационной системе; общая протяженность ирригационной сети и отдельных составляющих ее звеньев; общая площадь земельных участков под ирригационной сетью и отдельными ее звеньями; ставка земельного налога за земельные участки под ирригационной сетью; количество поливной воды, транспортируемое ирригационной сетью в целом и в разрезе ее отдельных звеньев в течение года, по месяцам, декадам, ежедневно; коэффициент, учитывающий местоположение Ассоциаций водопользователей (АВП), закрепленных («подвешенных») за конкретным БУИС, относительно источника воды, из которого она транспортируется;

средние по БУИС издержки на транспортировку требуемого объема воды (сум за  $\text{м}^3 \times \text{км}$ ) и дифференцированные издержки для каждой АВП (с учетом ее местоположения); средняя по БУИС стоимость транспортировки требуемого объема воды (сум за  $\text{м}^3 \times \text{км}$ ) и дифференцированная ее стоимость для каждой АВП (с учетом ее местоположения). Учету также подлежат потери поливной воды при ее транспортировке по ирригационной сети, что необходимо для расчетов их стоимости и определения субъекта, на счет которого следует относить данные потери.

На уровне АВП необходима следующая информация: площадь и структура орошаемых земель в целом по АВП; количество и структура водопользователей по видам землепользования; площадь и структура орошаемых земель каждого из водопользователей; плановый объем (лимит) водопотребления по АВП и каждому водопользователю (с учетом потерь воды в сети); фактическое количество поливной воды, получаемой АВП от БУИС в целом за год, по месяцам, декадам, ежедневно; фактическое количество поливной воды, предоставляемое АВП каждому водопользователю (за год, по месяцам, декадам, ежедневно); площадь и протяженность оросительной сети АВП, не закрепленная за первичными водопользователями (землепользователями); ставка налога за землю под оросительной сетью АВП; потери поливной воды в оросительной сети АВП; средние по АВП и дифференцированные издержки за транспортировку поливной воды от границы АВП к участку каждого водопользователя (с учетом их местоположения); средняя по АВП и дифференцированные стоимости транспортировки поливной воды (сум за  $\text{м}^3 \times \text{км}$ ) от границы АВП к участку каждого водопользователя (с учетом их местоположения); общее по АВП и дифференцированное количество дополнительной поливной воды, запрашиваемое отдельными водопользователями сверх установленного лимита; договорная цена на дополнительную поливную воду и договорная стоимость ее транспортировки от источника к месту потребления; общий по АВП и дифференцированный излишек объема поливной воды по отношению к установленному лимиту, образующийся в хозяйстве вследствие ее рационального использования и возвращаемый отдельными водопользователями; договорная цена на единицу объема сэкономленной воды.

На уровне первичных водопользователей (землепользователей) необходима следующая кадастровая информация: общая площадь и структура орошаемых земель, в том числе под оросительной сетью; почвенная карта хозяйства; общий по хозяйству и дифференцированные по типам почвы баллы бонитета (ББП); установленные поливные нормы с учетом почвенно-климатических условий и видов сельскохозяйственных культур; структура посевных площадей; обоснованный объем водопотребления (установленный лимит) в текущем году и дифференциация его по срокам подачи воды; балл бонитета поливной воды (ББВ); фактическое количество воды, предоставленное водопользователю; нормативная стоимость всей площади орошаемых земель; нормативная стоимость всего объема оросительной воды как природного ресурса; стоимость подачи воды, включая транспортировку по ирригационным сетям БУИС и АВП; возможное количество дополнительной (сверх установленного лимита) воды, испрашиваемое водопользователем; договорная цена на единицу объема дополнительной воды и стоимость его транспортировки; возможное количество поливной воды, реализуемое водопользователем как излишек (по отношению к установленному лимиту) в результате ее эффективного использования в хозяйстве; договорная цена на реализуемый водопользователем объем излишней воды АВП.

Анализ перечисленных кадастровых сведений показывает, что платное водопользование предъявляет достаточно высокие требования к информационному обеспечению и прежде всего к разнообразию и достоверности данных. Во-первых, это касается учетной и оценочной информации водного кадастра. На всех уровнях системы водопользования необходим достоверный учет количества и качества оросительной воды на основании следующих, важных для внедрения рыночных принципов показателей:

имеющегося объема оросительной воды в источниках (запасы по стране); установленных лимитов водопользования (по БУИС, АВП, водопользователям); баланса запасов и потребления воды; возможных дополнительных или сокращенных (относительно лимитов) объемов водопользования (в текущем году); потерь воды в ирригационной сети. Оценочная информация должна включать показатели стоимости единицы объема оросительной воды как ресурса, издержек по поддержанию ГТС и ирригационной сети (и сооружений на ней) в действующем состоянии, стоимости транспортировки поливной воды от ее источников к границам АВП и участков ее членов с учетом местоположений АВП и участков землепользователей относительно источников воды. Во-вторых, внедрение рыночных принципов в сферу водопользования требует и соответствующей земельно-кадастровой информации, то есть необходимости одновременного использования достоверной информации двух видов кадастра. Следствием недостоверной информации двух видов кадастра будет несовместимость показателей, что в свою очередь негативно отразится на качестве взаиморасчетов всех уровней системы водопользования.

Учитывая вышеизложенное правомерно заключить следующее.

1. Платное водопользование предполагает применение информации двух видов кадастров. Водно-кадастровая информация требует своей разработки (МСВХ), земельно-кадастровая – заимствуется из системы земельного кадастра, осуществляемого Госкомземгеодезикастром.

2. Информация кадастров должна быть точной и достоверной. Точность учета орошаемых земель в настоящее время значительно выше точности учета поливной воды. Необходимо обосновать точность учета воды в условиях платного водопользования и разработать способы ее реализации. С этой же точностью должны учитываться и потери воды в ирригационной системе.

3. Особо необходимо обеспечить точность учета воды, предоставляемой первичным водопользователям, так как они осуществляют платежи за воду и ее непосредственное целевое использование, обеспечивающее получение гарантированных урожаев. Кроме того, достоверность учета исключает возможные споры по поводу необъективности водообеспечения.

4. Оценка воды как ресурса в условиях отсутствия ее рынка является сложной проблемой и требует отдельных исследований, однако в научно-методическом плане является вполне разрешимой задачей.

5. Определение стоимости транспортировки воды должна базироваться на ее издержках и быть дифференцированной в зависимости от местоположения участков землепользования по отношению к водным источникам.

УДК 62-52

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ УЗЛОВЫХ СООРУЖЕНИЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА ИРРИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ПАРКЕНТ - КАРАСУ»**

**Бегимов И.**  
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

Автоматизация гидротехнических сооружений учебно-демонстрационного полигона метрологического центра по водоучету Минсельводхоза Республики Узбекистан в Юкориичирчикском районе Ташкентской области, относящегося к Чирчик-Ахангаранскому бассейновому управлению ирригационных систем, предусматривает

внедрение современного комплекса технических и программных средств и компьютеров (Рис.1). Комплекс технических средств основывается на современных программируемых контролерах с модулями ввода и вывода. Объектами автоматизации являются узловые сооружения с гидростатами.

Основные узловые сооружения следующие:

- Узел сооружений на ПК 133+00 р. Карасу. Состоит из перегораживающего сооружения, оснащенного 3-мя плоскими затворами с электроприводом, головных водозаборных сооружений каналов Аганай и БАТ. Пропускная способность перегораживающего сооружения -  $240 \text{ м}^3/\text{с}$ . Водозаборные сооружения к.к. Аганай и БАТ имеют соответственно один и два пролета, оснащенных электрифицированными плоскими затворами. В нижних бьефах перегораживающего сооружения и регулятора каналов имеются гидростаты. Гидростаты каналов оснащены гидротехническими мостиками, водомерными колодцами и рейками.
- Узел сооружений на ПК 14+45 к. БАТ. Состоит из перегораживающего сооружения, оснащенного 2-мя плоскими затворами с ручным приводом, и головных водозаборных сооружений к.к. БАТ-3 и БАТ-5. Пропускная способность перегораживающего сооружения -  $24 \text{ м}^3/\text{с}$ . Водозаборные сооружения каналов БАТ-3 и БАТ-5 оснащены плоскими затворами с ручным приводом. В нижних бьефах перегораживающего сооружения и регулятора каналов имеются гидростаты, оснащенные гидротехническими мостиками и рейками. Пропускная способность канала БАТ-5 -  $1,2 \text{ м}^3/\text{с}$ .
- Головное сооружение канала БАТ-1. Расположено на ПК 6+33. Оснащено плоским затвором с ручным приводом. В нижнем бьефе головного сооружения и регулятора канала имеется гидростат. Пропускная способность канала БАТ-1 -  $1,0 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Характеристики сооружений приведены в табл. 1.

На узловом сооружении ПК 133+00 р. Карасу оборудован диспетчерский пункт (ДП) с круглосуточным дежурством диспетчера-оператора. Обеспечена телефонная связь диспетчера-оператора с дежурным узловым сооружением к. БАТ на ПК 14+45 и другими сооружениями по р. Карасу. На узловом сооружении ПК 14+45 к. БАТ имеется здание дежурного гидротехника, который ведет круглосуточное дежурство на узле.

### **Схемы и степень автоматизации основных узловых сооружений**

Узел сооружений на ПК 133+00 р. Карасу

Оборудуется системой автоматизации с установкой датчиков положения на всех затворах и датчиками уровней в водомерных колодцах.

- Перегораживающее сооружение на р. Левобережное Карасу работает в режиме авторегулирования по уровню верхнего бьефа.
- Головное водозаборное сооружение к.Аганай, оснащенное одним электрифицированным плоским затвором, работает в режиме авторегулирования заданного расхода воды по уровню нижнего бьефа.
- Головное водозаборное сооружение к.БАТ, оснащенное двумя электрифицированными плоскими затворами, работает в режиме авторегулирования заданного расхода воды по уровню нижнего бьефа.

Узел сооружений на ПК 14+45 к. БАТ

Электрифицируется и оборудуется системой автоматизации с установкой датчиков положения на всех затворах и датчиками уровней в водомерных колодцах.

- Перегораживающее сооружение на к. БАТ, оснащенное 2-мя плоскими затворами с электроприводом и работает в режиме авторегулирования по уровню верхнего бьефа.
- Головное водозаборное сооружение к. БАТ-3, оснащенное одним электрифицированным плоским затвором, работает в режиме авторегулирования заданного расхода воды по уровню нижнего бьефа.
- Головное водозаборное сооружение к. БАТ-5, оснащенное двумя электрифицированными плоскими затворами, работает в режиме авторегулирования заданного расхода воды по уровню нижнего бьефа.

Головное сооружение к. БАТ-1

Электрифицируется и оборудуется системой автоматизации с установкой датчиков положения затвора и датчиков уровней верхних и нижних бьефов в водомерных колодцах.

- Головное сооружение на к. БАТ-1, оснащенное плоским затвором с электроприводом, работает в режиме авторегулирования заданного расхода воды по уровню нижнего бьефа.

### **Объемы информационных потоков системы автоматизации и диспетчеризации основных узловых сооружений**

Гидротехнические сооружения, параметры измерения, режимы сигнализации и управления системы автоматизации учебного полигона приведены в табл.1.

Периодичность оперативной информации

Периодичность съема оперативной информации с контроллеров и загруженных технологических мнемосхем компьютера не должна превышать 1 секунду. Периодичность хранения осредненной информации в базе данных - каждые 10 мин. Вся технологическая, техническая и, возможно, диагностическая информация должна представляться в виде графиков изменения величин, пригодных для вывода на печатание.

### **Техническое обеспечение системы автоматизации**

Основные технические решения, принятые в проекте по системе автоматизации учебного полигона, описаны ниже.

Автоматизации узлового сооружения на ПК 133+00 р. Карасу, ПК 14+45 к. БАТ и ПК 6+33 к. БАТ – 1 (рис. 1-5) .

- На всех затворах устанавливаются датчики положения затворов.
- На успокоительных колодцах верхних и нижних бьефов узлового сооружения устанавливаются датчики уровня воды.
- Для получения стандартного унифицированного выходного сигнала от датчиков положения затворов и датчиков уровня воды используются нормирующие преобразователи.
- Управление подъемом и спуском производится через типовые шкафы управления затворами (ШУЗ).
- В шкафу комплекса технических средств (КТС) автоматизации монтируются модули входа (аналоговые AIN, кодовые CIN и дискретные DIN) и выхода (дискретные DOUT) программируемого логического контроллера (ПЛК).
- Все аналоговые, кодовые и дискретные сигналы подаются по кабельным линиям с первичных преобразователей ШУЗ в шкаф КТС-1 автоматизации, размещенный в ДП узлового сооружения ПК 133+00 р. Карасу.
- Аналоговые, кодовые и дискретные сигналы с выхода первичных преобразователей подаются на вход соответствующих модулей входа (AIN, CIN и DIN), которые коммутируются с программируемым логическим контроллером ПЛК-1.

- Управляющие сигналы с ПЛК-1 через модули выхода DOUT поступают обратно в шкаф ШУЗ.
- Шкаф КТС -1 автоматизации для узлового сооружения на ПК 133+00 р. Карасу размещается в здании ДП.
- Программируемый логический контроллер ПЛК-1 связан с диспетчерским персональным компьютером (РС), размещенным в ДП.
- Аналоговые, кодовые и дискретные сигналы с выхода первичных преобразователей узлового сооружения на ПК 14+45 к. БАТ подаются на вход соответствующих модулей входа (AIN, CIN и DIN), которые коммутируются с программируемым логическим контроллером ПЛК-2.
- Управляющие сигналы с ПЛК-2 через модули выхода DOUT поступают обратно в шкаф ШУЗ.
- Шкаф КТС-2 автоматизации для узлового сооружения на ПК 14+45 к. БАТ размещается в здании дежурного узлового сооружения.
- Все аналоговые, кодовые и дискретные сигналы с первичных преобразователей ШУЗ передаются по кабельным линиям в шкаф КТС-1 автоматизации, размещенный в ДП узлового сооружения ПК 133+00 р. Карасу.
- Программируемый логический контроллер ПЛК-2 связан с минипультом управления, размещенным в здании дежурного узлового сооружения.
- Минипульт позволяет управлять режимом работы затворов узлового сооружения в местном дистанционном режиме.
- Все аналоговые, кодовые и дискретные сигналы с первичных преобразователей ШУЗ головного сооружения ПК 6+33 к. БАТ передаются по кабельным линиям в шкаф КТС-1 автоматизации, размещенный в ДП узлового сооружения ПК 133+00 р. Карасу.
- Управление подъемом и спуском производится через типовые ШУЗ, размещенные на головном сооружении ПК 6+33 к. БАТ.
- Шкаф управление затвором головного сооружения ПК 6+33 к. БАТ устанавливается в стадии электрификации головного сооружения.

Таблица 1. Гидротехнические сооружения, параметры измерения, режимы сигнализации и управления системы автоматизации учебного полигона

| Наименование сооружений                | Тип     | Ширина (м) | Высота (м) | П ар | Режимы управления и измерения* |         |    |       |    | Режимы сигнализации** |     |       |                 |     |     |
|----------------------------------------|---------|------------|------------|------|--------------------------------|---------|----|-------|----|-----------------------|-----|-------|-----------------|-----|-----|
|                                        |         |            |            |      | РУ или ВН                      | ДУ с ДП | ТИ | Расч. | АР | мин                   | мах | Скор. | Сработка защиты |     |     |
|                                        |         |            |            |      |                                |         |    |       |    |                       |     | изм.  | ОФЭ             | ПГД | ДШП |
| Узел сооружений на ПК 133+00 р. Карасу |         |            |            |      |                                |         |    |       |    |                       |     |       |                 |     |     |
| Уровень ВБ                             |         |            |            | УВБ  | +                              |         | +  |       | +  |                       | +   | +     |                 |     |     |
| ПС -2 р. Кара-су                       |         |            |            |      |                                |         |    |       |    |                       |     |       |                 |     |     |
| Затвор - 1                             | Плоский | 5          | 3          | ПЗ   | +                              | +       | +  |       |    | +                     | +   | +     | +               | +   | +   |
| Затвор - 2                             | Плоский | 5          | 3          | ПЗ   | +                              | +       | +  |       |    | +                     | +   | +     | +               | +   | +   |
| Затвор - 3                             | Плоский | 5          | 3          | ПЗ   | +                              | +       | +  |       |    | +                     | +   | +     | +               | +   | +   |
| Уровень НБ                             |         |            |            | УНБ  | +                              |         | +  |       |    |                       |     |       |                 |     |     |
| Расход воды                            |         |            |            | РВ   |                                |         |    | +     | +  |                       |     |       |                 |     |     |
| ГС к. Аганай                           |         |            |            |      |                                |         |    |       |    |                       | +   | +     |                 |     |     |
| Затвор - 1                             | Плоский | 5          | 2          | ПЗ   | +                              | +       | +  |       |    | +                     | +   | +     | +               | +   | +   |
| Уровень НБ                             |         |            |            | УНБ  | +                              |         | +  |       |    |                       | +   | +     |                 |     |     |
| Расход воды                            |         |            |            | РВ   |                                |         |    | +     | +  |                       |     |       |                 |     |     |
| ГС к. БАТ                              |         |            |            |      |                                |         |    |       |    |                       |     |       |                 |     |     |
| Затвор - 1                             | Плоский | 5          | 2          | ПЗ   | +                              | +       | +  |       |    | +                     | +   | +     | +               | +   | +   |
| Затвор - 2                             | Плоский | 5          | 2          | ПЗ   | +                              | +       | +  |       |    | +                     | +   | +     | +               | +   | +   |
| Уровень НБ                             |         |            |            | УНБ  | +                              |         | +  |       |    |                       | +   | +     |                 |     |     |
| Расход воды                            |         |            |            | РВ   |                                |         |    | +     | +  |                       |     |       |                 |     |     |
| Головное сооружение к. БАТ-1           |         |            |            |      |                                |         |    |       |    |                       |     |       |                 |     |     |
| Уровень ВБ                             |         |            |            | УВБ  | +                              |         | +  |       |    |                       | +   | +     |                 |     |     |
| Затвор - 1                             | Плоский | 1,2        | 1,2        | ПЗ   | +                              | +       | +  |       |    | +                     | +   | +     | +               |     |     |
| Уровень НБ                             |         |            |            | УНБ  | +                              |         | +  |       |    |                       | +   | +     |                 |     |     |
| Расход воды                            |         |            |            | РВ   |                                |         |    | +     | +  |                       |     |       |                 |     |     |
| Узел сооружений на ПК 14+45 к. БАТ     |         |            |            |      |                                |         |    |       |    |                       |     |       |                 |     |     |
| Уровень ВБ                             |         |            |            | УВБ  | +                              |         | +  |       | +  |                       | +   | +     |                 |     |     |

Продолжение таблицы 1.

| Наименование сооружений | Тип     | Ширина (м) | Высота (м) | Пар | Режимы управления и измерения* |         |    |       |    | Режимы сигнализации** |     |       |                 |     |     |
|-------------------------|---------|------------|------------|-----|--------------------------------|---------|----|-------|----|-----------------------|-----|-------|-----------------|-----|-----|
|                         |         |            |            |     | РУ или ВН                      | ДУ с ДП | ТИ | Расч. | АР | мин                   | маx | Скор. | Сработка защиты |     |     |
|                         |         |            |            |     |                                |         |    |       |    |                       |     | изм.  | ОФЭ             | ПГД | ДШП |
| ПС -1 к. БАТ            |         |            |            |     |                                |         |    |       |    |                       |     |       |                 |     |     |
| Затвор - 1              | Плоский | 1,7        | 1,7        | ПЗ  | +                              | +       | +  |       |    | +                     | +   | +     | +               | +   | +   |
| Затвор - 2              | Плоский | 1,7        | 1,7        | ПЗ  | +                              | +       | +  |       |    | +                     | +   | +     | +               |     |     |
| Уровень НБ              |         |            |            | УНБ | +                              |         | +  |       |    |                       | +   | +     |                 |     |     |
| Расход воды             |         |            |            | РВ  |                                |         |    | +     | +  |                       |     |       |                 |     |     |
| ГС к. БАТ -3            |         |            |            |     |                                |         |    |       |    |                       |     |       |                 |     |     |
| Затвор-1                | Плоский | 1,7        | 1,7        | ПЗ  | +                              | +       | +  |       |    | +                     | +   | +     | +               | +   | +   |
| Затвор-2                | Плоский | 1,7        | 1,7        | ПЗ  | +                              | +       | +  |       |    | +                     | +   | +     | +               | +   | +   |
| Уровень НБ              |         |            |            | УНБ | +                              |         | +  |       |    |                       | +   | +     |                 |     |     |
| Расход воды             |         |            |            | РВ  |                                |         |    | +     | +  |                       |     |       |                 |     |     |
| ГС к. БАТ-5             |         |            |            |     |                                |         |    |       |    |                       |     |       |                 |     |     |
| Затвор - 1              | Плоский | 1,3        | 1,3        | ПЗ  | +                              | +       | +  |       |    | +                     | +   | +     | +               | +   | +   |
| Уровень НБ              |         |            |            | УНБ | +                              |         | +  |       |    | +                     | +   | +     |                 |     |     |
| Расход воды             |         |            |            | РВ  |                                |         |    | +     | +  |                       |     |       |                 |     |     |
| Итого                   |         |            |            |     | 22                             | 12      | 22 | 7     | 9  | 12                    | 22  | 22    | 12              | 12  | 12  |

\*Параметры измерения и управления: РУ - параметры ручного управления; ВН - параметры визуального наблюдения; ДУ с ДП - параметры дистанционного управления от диспетчерских пунктов; ТИ - параметры телеизмерения; Расч. - параметры, получаемые расчетным путем; АР – параметры авторегулирования;

\*\*Параметры сигнализации: Мин. – минимальное значение; Мак. – максимальное значение; Скор.изм. – скорость изменения; ОФЭ – отсутствие фазы электрической сети; ПГД – перегрузки электродвигателей затвора; ДШП – состояние дверей шкафов управления затворами и датчиков.

Программируемые логические контроллеры ПЛК-1 и ПЛК-2 соединяются между собой с помощью кабеля связи. Диспетчерский персональный компьютер (РС) является основным звеном системы автоматизации, производящим все расчеты технологических параметров и управление режимами узловых сооружений. С помощью клавиатуры компьютера в режиме дистанционного управления осуществляется работа затворов узловых сооружений на ПК 133+00 р. Карасу, ПК 6+33 к. БАТ и ПК 14+45 к. БАТ.

Проектом предусматривается, что основным режимом управления узловыми сооружениями будет являться стабилизация заданного расхода воды в боковых отводах

### **Состав и спецификация оборудования для системы автоматизации**

Проектом намечается использовать для автоматизации объектов учебного полигона современные технические, информационные и программные средств, в том числе:

- Компьютер Р-4-1 в комплекте: процессор с тактовой частотой не менее 2000 МГц; RAM - 512 MB; HDD не менее 80 GB; монитор SVGA 1024x768 – 17'; мышь; лазерный принтер с разрешимостью - не менее 600 dpi, форматом - А4, скоростью - не менее 8 стр./мин.
- Программируемые логические контроллеры (ПЛК) (2 комплекта): процессор - типа не менее 8-486; тактовая частота - не менее 66 МГц; RAM - 2 MB; flash – 512 KB; питание – 22- 26 В; рабочий диапазон температуры – (-40) – (+70) °С.
- Модули ввода для ПЛК: аналоговые входы – 20 сигналов; дискретные входы – 60 сигналов; питание – 22- 26 В; рабочий диапазон температуры – (-40) – (+70) °С.
- Модули вывода ПЛК: дискретные выходы 30 – сигналов; питание – 22-26 В; рабочий диапазон температуры – (-40) – (+70) °С.
- Блоки питания контроллеров: импульсный блок питания; входное питание – 100-270 В; выходной ток - не менее 1,5 А; защита от перегрузки и перенапряжения по выходу; пониженное тепловыделение.
- Датчики уровня (10 шт.): диапазон изменений – 0-4 м; точность измерения –  $\pm 1$  см; рабочий диапазон температуры – (-40) – (+70) °С.; выходной ток - сигнал стандартный кодовый или аналоговый; специфические условия функционирования – может оказаться без воды и во льду; ассоциированная система визуального измерения – водомерная рейка, градуированная в см.
- Датчики положения затворов (12 шт.): диапазон изменений – 0-4 м; точность измерения –  $\pm 1$  см; рабочий диапазон температуры – (-40) – (+70) °С; выходной ток - сигнал стандартный кодовый или аналоговый; специфические условия функционирования – может оказаться без воды и во льду; ассоциированная система визуального измерения – водомерная рейка, градуированная в см.
- Система бесперебойного питания (1 шт.): мощность - 1 КВт; рабочий диапазон температуры – (-40) – (+70) °С; минимальное время обеспечение питанием КТС – 1-2 часа.
- Комплект монтажных принадлежностей для КТС. В комплект входят все необходимые принадлежности для монтажа комплекса технических средств в зависимости от состава и типа контроллеров, модулей ввода-вывода и других частей КТС.
- Кабели: АКВВГ 27х2,5 – 520 м; АКВВГ 19х2,5 – 1800 м; АКВВГ 4х2,5 – 520 м.

### **Функциональные задачи проекта**

Система автоматизации учебного полигона предусматривает выполнение следующих функций.

Функции контроля

- Контроль уровней воды в верхних и нижних бьефах ПС ПК 133+00 р. Карасу и ПК 14+45 к. БАТ, а также в нижних бьефах каналов Аганай, БАТ, БАТ-1, БАТ-3 и БАТ-5 осуществляется с помощью поплавковых датчиков уровня воды со встроенными

кодowymi преобразователями и нормирующими преобразователями с унифицированным выходным сигналом.

- Контроль открытия затворов ПС ПК 133+00 р. Карасу и ПК 14+45 к. БАТ, а также головных сооружений каналов Аганай, БАТ, БАТ-1, БАТ-3 и БАТ-5 осуществляются с помощью поплавковых датчиков положения механизмов со встроенными кодowymi преобразователями и нормирующими преобразователями с унифицированным выходным сигналом.
- Выходные сигналы с нормирующих преобразователей подаются на вход соответствующих модулей входа (AIN или CIN), которые подключены к программируемым логическим контроллерам ПЛК-1 или ПЛК-2.
- Контроль за работой каждого затвора в режиме дистанционного управления осуществляется при передаче дискретного сигнала («сухой контакт») на модули входа дискретных сигналов DIN путем перевода переключателя в ШУЗе в положение «дистанционное».
- Контроль за возникновением аварийного отключения каждого привода затвора осуществляются путем подачи дискретного сигнала («сухого контакта») от реле аварийного отключения затвора при перегрузках, коротких замыканиях, исчезновении одной фазы на вход модуля входа дискретных сигналов DIN.
- Контроль за несанкционированным открытием дверей ШУЗ, шкафов датчиков уровней и КТС ведутся путем подачи дискретного сигнала («сухого контакта») от концевых выключателей каждой двери на вход модуля входа дискретных сигналов DIN.
- Дискретные модули входа DIN размещаются на КТС-1 и КТС-2 и подключаются к ПЛК-1 и ПЛК-2 по информационной сети (например, RS-485).
- Программируемый логический контроллер ПЛК-1 подключается через интерфейс RS-232 к персональному компьютеру, который производит циклический опрос, сброс, обработку, хранение информации, проведение расчетов, предоставление информации на экран монитора, выработку управляющих воздействий.
- Программируемый логический контроллер ПЛК-2 подключается через интерфейс RS-232 к мини-пульту управления узловым сооружением на ПК 14+45 к. БАТ, который производит циклический опрос, сброс, обработку, хранение информации, предоставление информации на экран монитора, выработку управляющих воздействий для ПЛК-2 в режиме «дистанционного управления».
- На основании сигналов от всех датчиков уровня воды, положения затворов и расходных характеристик для каждого гидротехнического сооружения на ПЛК и компьютере ДП рассчитываются расходы воды на всех каналах учебного полигона. Этот технологический параметр - один из главных, характеризующий работу сооружений гидроузлов и выполнение задач по управлению водораспределением.

#### *Функции управления*

В системе автоматизации предусматривается два режима управления: дистанционный и местный.

- Местное управление осуществляется с помощью кнопок «Подъем», «Стоп» и «Отпускание» в шкафу управления каждого затвора путем перевода переключателя из положения «дистанционное управление» в положение «местное управление». При этом все функции (опрос датчиков, сбор и представление данных) сохраняются. Состояние переключателя, дата и время перевода его из одного положения в другое сохраняются и отображаются на экране монитора.
- В режиме дистанционного управления также имеется два режима: «автоматическое управление» и «дистанционное управление». Перевод от одного режима к другому осуществляется на мнемосхемах гидроузла с помощью клавиатуры компьютера или мини-пульты для узлового сооружения ПК 14+45 к. БАТ.

- Автоматическое управление осуществляется по трехпозиционному принципу (подъем – стоп – опускание) для автоматического регулирования заданных расходов воды в каналах (Аганай, БАТ, БАТ-1, БАТ-3 и БАТ-5). На перегораживающих сооружения ПК 133+00 р. Карасу и ПК 14+45 к. БАТ автоматически регулируются уровни воды верхнего бьефа.
- Управляющие воздействия (сигналы на подъем и опускание) производятся на ПЛК в зависимости от разности заданного и фактического расхода воды и уровня воды на верхних бьефах перегораживающих сооружений. Сигнал рассогласования через модули выхода DOUT подается в схему управления каждого затвора. Степень открытия затворов рассчитывается ПЛК из значения рассогласования между заданным и фактическим расходами или уровнями воды. Каждый затвор должен отрабатывать задания, пока рассогласование не станет равным нулю. Для исключения возможности работы электропривода в режиме перерегулирования вводится ограничение на величину рассогласования, с которого управляющий сигнал начинает поступать на затворы, т.е. программным путем в ПЛК вводится зона нечувствительности системы регулирования.
- При необходимости дистанционное управление осуществляется диспетчером с помощью клавиатуры компьютера и минипульта путем перевода режима автоматического управления в режим дистанционного управления. Управление любым затворам гидроузлов в любом направлении осуществляется с помощью клавиатуры компьютера. Управление затворами узлового сооружения ПК 14+45 к. БАТ может осуществляться дежурным диспетчером и с помощью минипульта.

#### **Функции сигнализации**

На экране монитора компьютера отображается информация с фиксацией даты и времени появления нештатной ситуации:

- а) об аварийном отключении электропривода затворов от защиты в шкафах ШУЗ;
  - б) о несанкционированном открытии дверей в приборных шкафах и шкафах КТС;
  - в) о превышении отклонения фактического уровня воды в верхних бьефах перегораживающих сооружений от их максимально допустимого значения;
  - г) о превышении допустимого отклонения фактического расхода воды от его заданного значения.
- «Тревожная» сигнализация осуществляется с ПЛК через выходной модуль DOUT с помощью подключенного звонка громкого боя и световой сигнализации:
    - а) о несанкционированном открытии дверей;
    - б) о превышении отклонения фактического уровня воды в верхних бьефах перегораживающих сооружений от их максимально допустимого значения.

#### **Функции передачи информации**

- Передача информации осуществляется между ПЛК-1, расположенном в шкафу КТС-1 здания диспетчерского пункта, и ПЛК-2, расположенном в шкафу КТС-2 здания дежурного узлового сооружения на ПК 14+45 к. БАТ.
- Из ПЛК-2 вся технологическая информация о работах узлового сооружения передается по кабельному каналу на ПК 14+45 к. БАТ, а управляющие сигналы от компьютера - через ПЛК-1 к ПЛК-2.

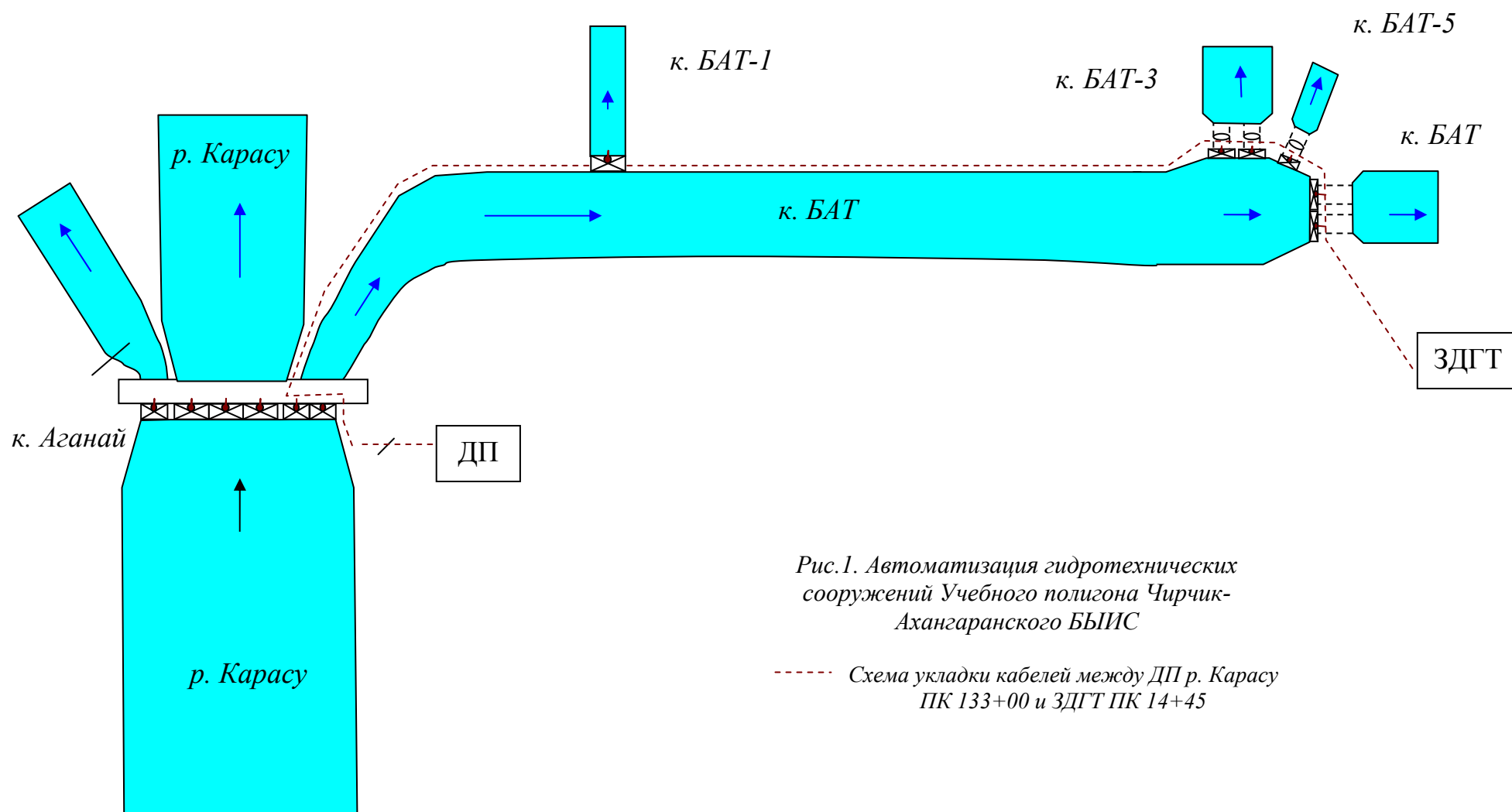
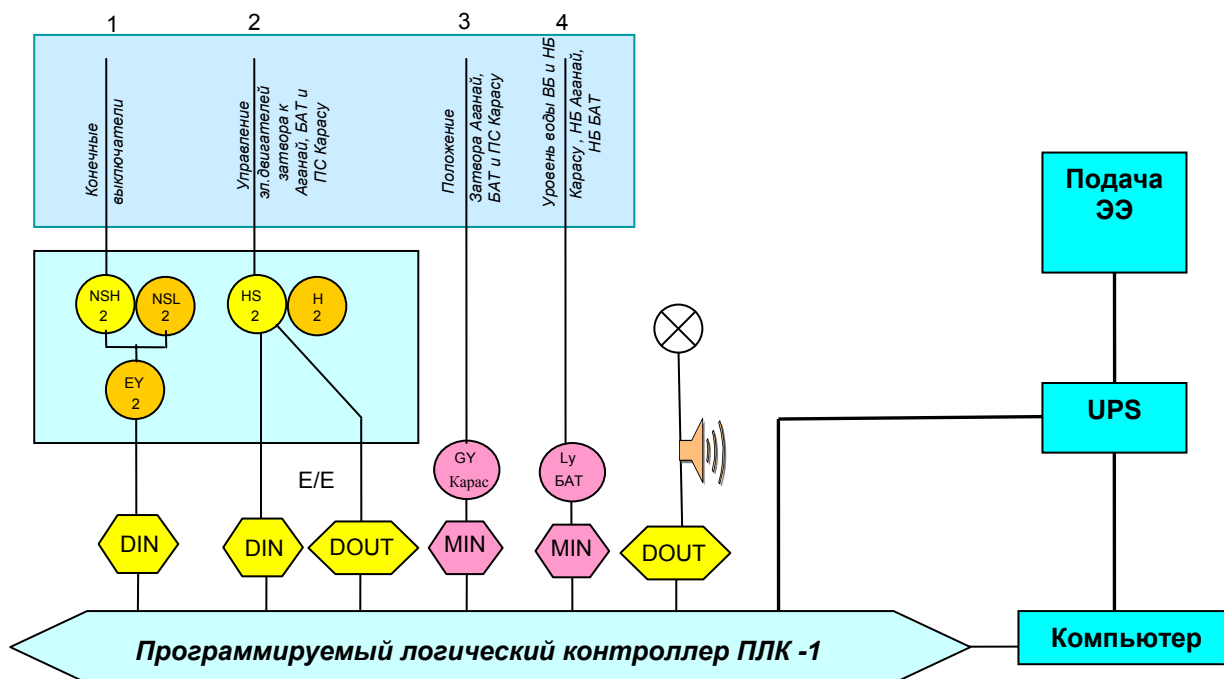
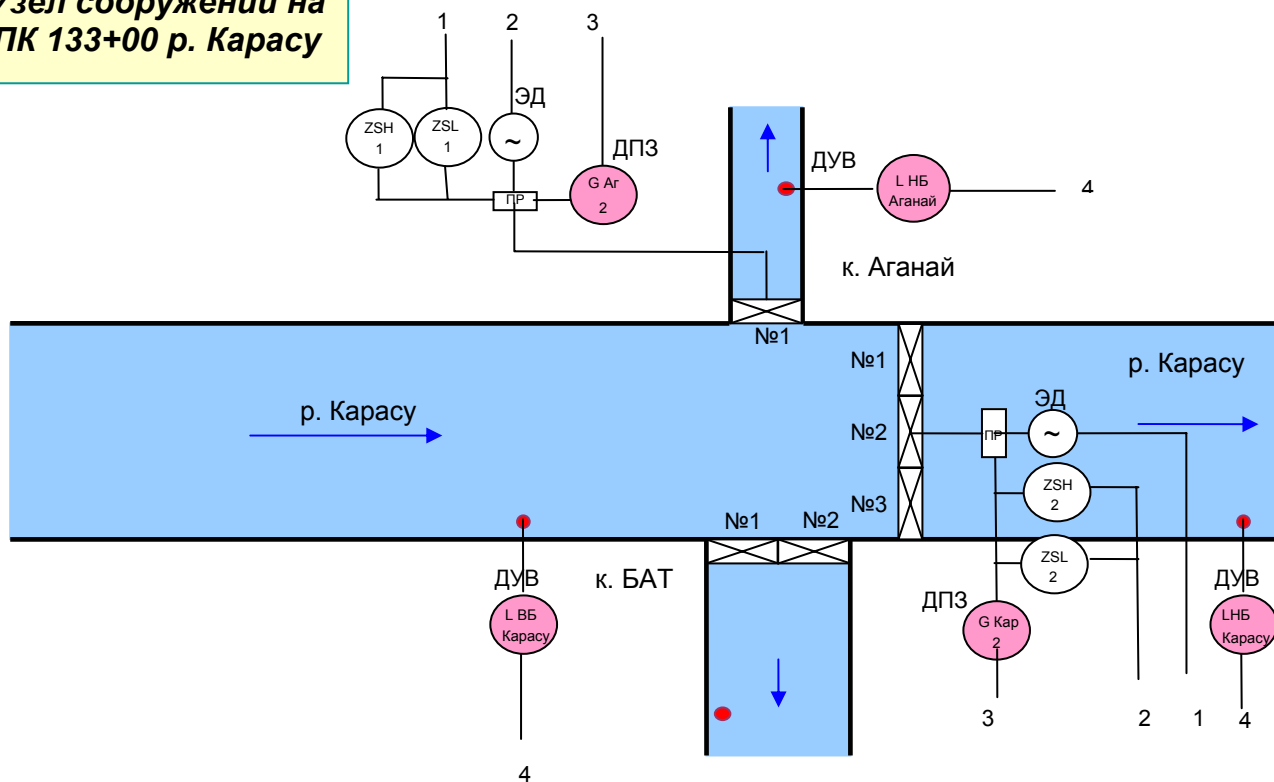


Рис.1. Автоматизация гидротехнических сооружений Учебного полигона Чирчик-Ахангаранского БИИС

----- Схема укладки кабелей между ДП р. Карасу ПК 133+00 и ЗДГТ ПК 14+45

**Узел сооружений на  
ПК 133+00 р. Карасу**



**Примечание:** Схема контроля и управления затвора №2 ПС к. Карасу и ГС к. Аганай. Для остальных затворов и сооружений к. БАТ схемы аналогичны.

Рис.2. Функциональная схема автоматизации узла сооружений ПК 133 к.Карасу

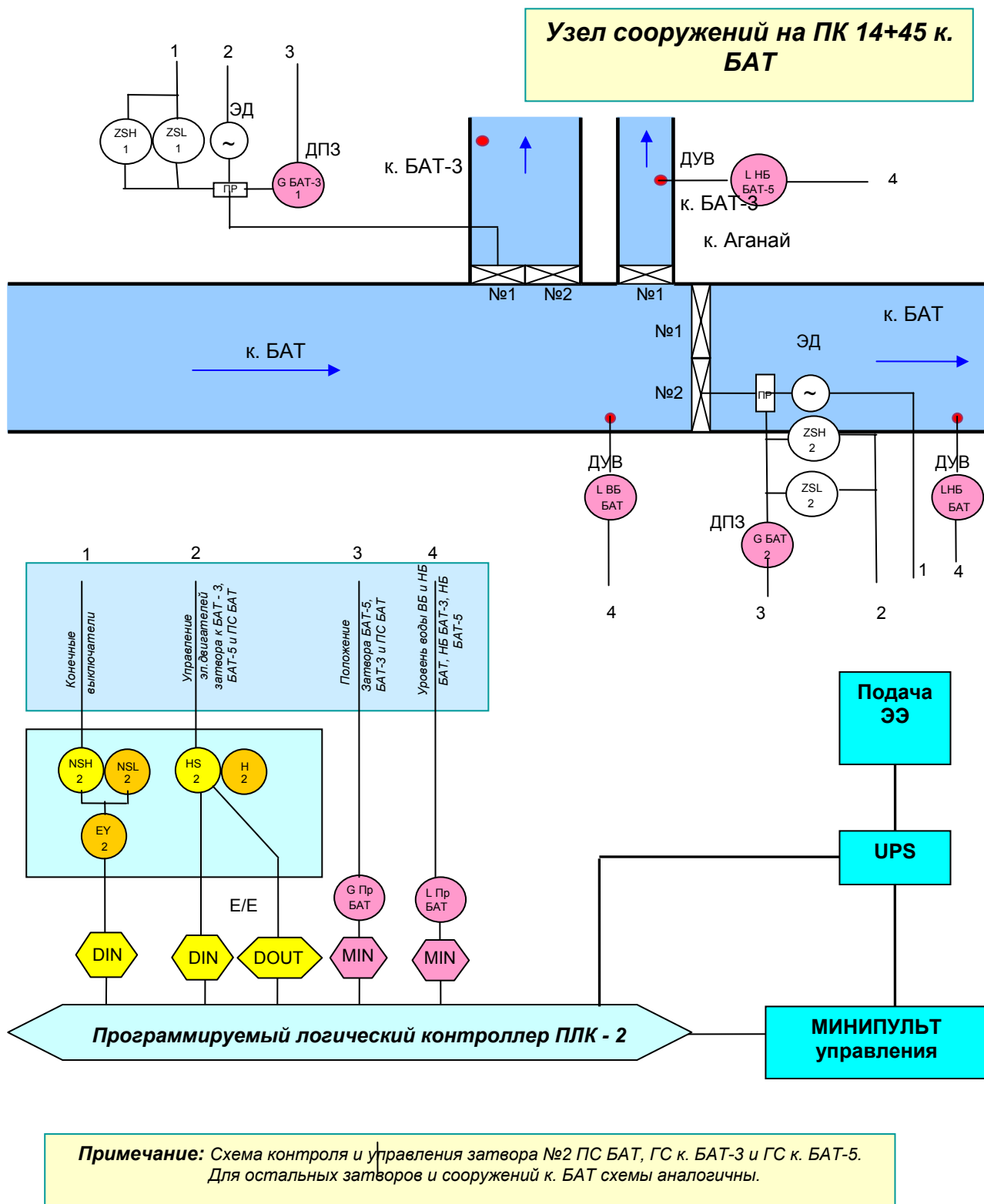
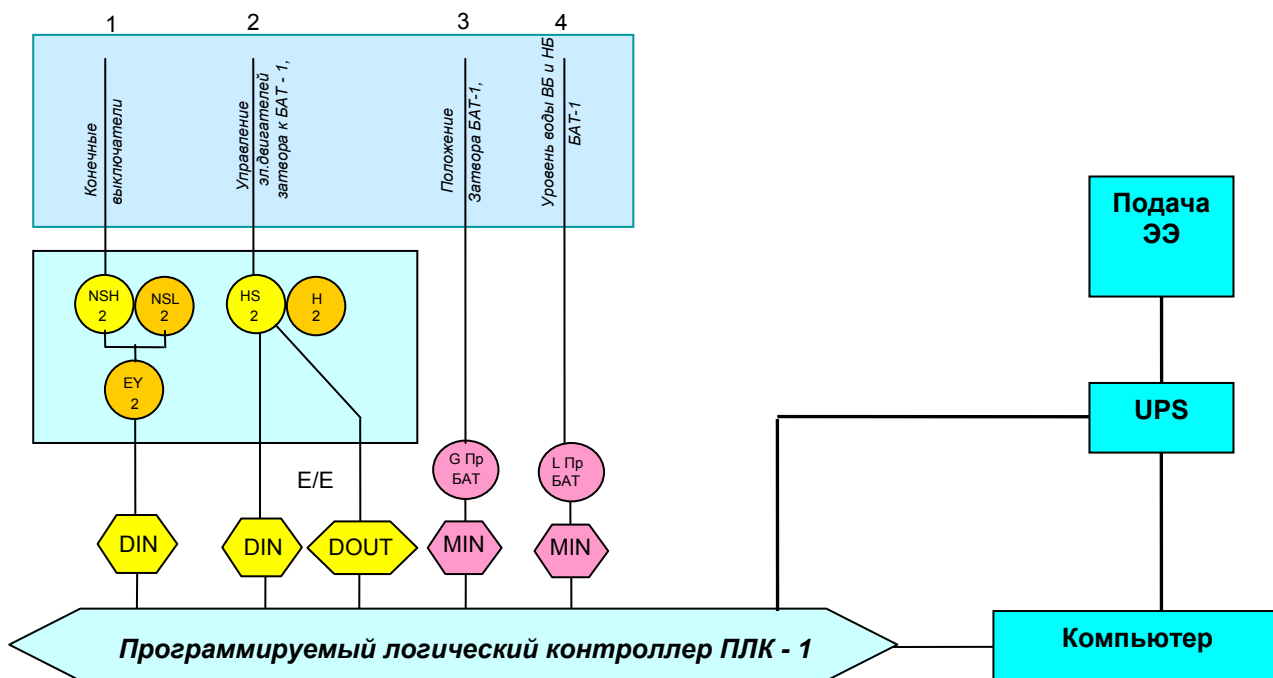
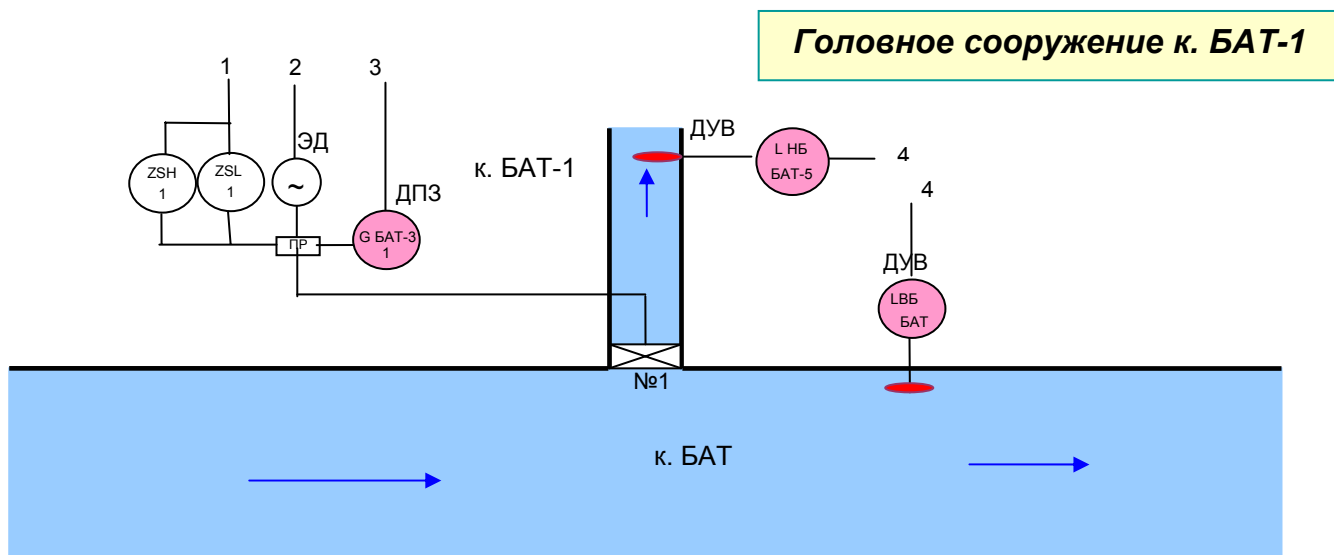


Рис.3. Функциональная схема автоматизации узла сооружений ПК 14+45 БАТ



**Примечание:** Схема контроля и управления затвора к. БАТ.

Рис. 4. Функциональная схема автоматизации головного сооружения БАТ-1

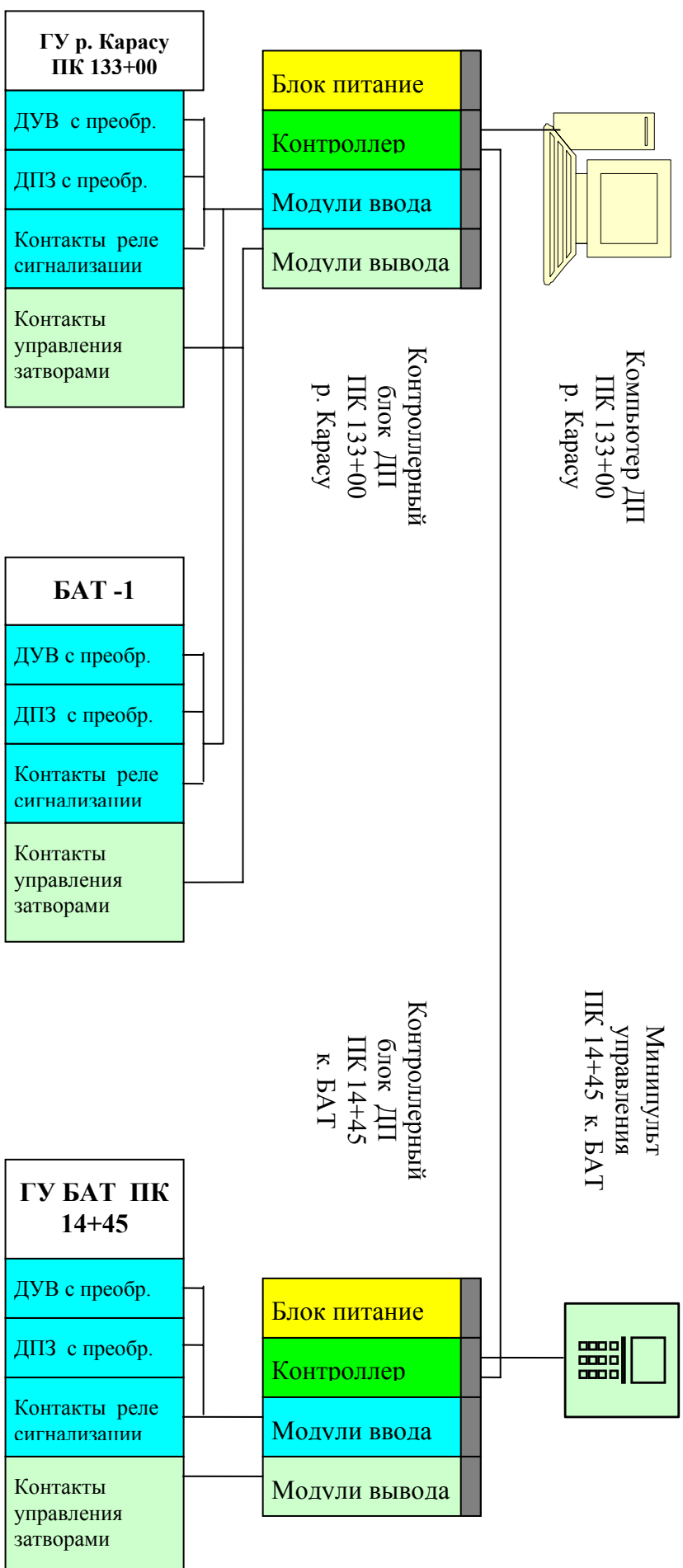


Рис. 5. Схема коммуникаций оборудования учебно-методического центра по водоучету в Югоричском районе Ташкентской области