

НАТУРНЫЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ «БАБАТАГ»

*А.И. Азимов, Т.Ш. Мажидов, О.Я. Гловацкий, Ш.Р. Рустамов
(ТГИИМ, НИИИВП при ТГИИМ)*

Кўйидаги мақола “Боботог” НС аванкамерага сув келтирувчи режимли факторлар, қайсики насослар ишида кавитация ва емирилишга чидамликни оширишга йўл қўймасликка бағишланади. Муаллифлар томонидан “Боботог” НС дала шароитида илмий – тадқиқот изланишлари олиб борилди. бундан ташқари насос агрегатлари бўйича тадқиқот олиб. борилиб уларнинг ишини яхшилаш бўйича тавсия берилган.

The This article is dedicated to analysis modes factor cart water from forebay PS "Babatag", which will allow to raise cavitatijon and erosion stability of the work pump. The Author are organized of the test PS "Babatag" and pumping unit, which allow to perfect the parameters an unit.

Настоящая статья посвящена анализу режимных факторов подвода воды из аванкамеры НС «Бабатаг», которые позволяют повысить кавитационную и эрозийную устойчивость работы насосов. Авторами проведены натурные испытания НС «Бабатаг» и насосных агрегатов, которые позволят улучшить параметры агрегатов.

Насосная станция «Бабатаг» орошает 18200 га в Сурхандарьинском вилояте РУз. В рамках проекта «Реабилитация системы машинного канала Аму-Занг» в сентябре 2011 г. закончена комплексная реконструкция насосной станции (НС) «Бабатаг». По контракту поставку и монтаж насосных агрегатов (НА) произвела японская корпорация «Kubota». Вновь установленные НА имеют следующие номинальные параметры:

Насос – горизонтальный насос двустороннего входа марки DVL- 1400×900,

- подача 4,44 м³/с;

- напор 78,28 м;

- частота вращения 600 об/мин;

- мощность на валу – не более 4000 кВт;

- КПД – не менее 86,0 %;

- допускаемый кавитационный запас (NPSHR) –не более 10,2 м.

При первичном обследовании разобранных насосов в январе 2012 г. специалистами были обнаружены признаки кавитационного повреждения (точечные каверны, идущие в глубину металла) и поверхностного абразивного износа рабочего колеса и проточной части, в т.ч. со стороны всасывающей полости насосов. По результатам обследования принято решение о частичной модернизации насосов.

При повторных комиссионных осмотрах оборудования в октябре и декабре 2012 г. выявлено сохранение характерных видов износа проточной части насосов. При этом, возможные причины повышенного износа являются следствием воздействия двух групп факторов: режимных - по подводу воды из аванкамеры, - и конструктивных - насоса. В этих же направлениях следует искать пути ослабления негативного воздействия кавитации и гидроабразивной эрозии на ресурс насосов.

Безразборными диагностическими методами определить кавитацию в центробежных насосах можно по срывному снижению напора, подачи и КПД, а также по присутствию характерного шума и вибрации. С этой целью произведены контрольные параметрические испытания работающих НА, обследование аванкамеры НС.

Настоящая статья посвящена анализу режимных факторов подвода воды, которые позволят повысить кавитационную и эрозийную устойчивость работы насосов [1, 2].

Сущность контрольных параметрических испытаний заключается в одновременном измерении и регистрации на рабочем режиме следующих параметров: подачи насоса; напора насоса; мощности электродвигателя; уровней воды в канале, сифонной камере и в напорном бассейне. НС оборудована водозаборными и водовыпускными сооружениями сифонного типа.

Дистанционные указатели для измерения уровней воды размещены в подводящем канале у водоприёмника, в каждой сифонной камере и в напорном бассейне. Манометры с аналоговым выходом установлены перед всасывающим и за напорным патрубками насосов с дублированием пружинными манометрами. Ультразвуковые расходомеры расположены на прямолинейном участке индивидуальных трубопроводов.

В декабре 2012 г. переносной расходомер располагался на индивидуальных трубопроводах, и проверялась индивидуальная подача насосов (см. табл., режимы 1-3).

При обработке результатов и расчёте параметров подача принималась непосредственно по показаниям расходомера.

Регистрация показаний на каждом режиме производилась дважды в течение 5 мин с интервалом между замерами 2 с по интегральной схеме, то есть каждое измерение представляло собой среднюю величину по восьми, следующим друг за другом, замерам. Полученные данные подвергались дисперсионному анализу (предельной погрешностью считается удвоенное среднеквадратичное значение отклонения), после чего средний по двум сериям результат принимался за расчётную подачу насоса.

Для насоса, снабжённого манометрами на входе и выходе, развиваемый напор определялся по формуле

$$H=0,102*(P_{m2} - P_{m1})/\rho + 0,0827*Q^2/d^4 + Z_m,$$

где: H – полный напор насоса, м; P_{m1} и P_{m2} – давление по манометру на входе и выходе из насоса, Па; ρ – плотность перекачиваемой воды, кг/м³ (при концентрации взвешенных частиц до 2,5 кг/м³ вода считается чистой; Q – подача насоса, м³/с; $d = 1,4$ м – внутренний диаметр всасывающего трубопровода в сечении измерения давления, м; $Z_m = 0,0$ м – разность отметок оси манометров, м.

При замерах расхода на групповом водоводе (см. табл., режимы 4-7) давление и подача насосов принимались равными среднему значению по группе.

Кавитация в новом насосе возникает по следующим причинам: отличие режимов работы насоса от номинального, особенно когда усиливается влияние вихреобразования; флуктуация скоростей и пульсации давления потока; ошибки при проектировании, в том числе при пересчёте кавитационного запаса с испытанной модели; использование недостаточно стойких материалов и др. Основной режимной причиной кавитации является эксплуатация насосов при пониженных уровнях воды нижнего бьефа и неблагоприятных гидравлических условиях подвода воды из аванкамеры.

Проверка достаточности полного напора на входе в насос производится путём сравнения фактического (Δh) и допустимого значения кавитационного запаса ($\Delta h_{дон}$).

Условие отсутствия кавитации в насосе обеспечивается при $\Delta h \geq \Delta h_{дон}$

Полный абсолютный напор на всасывании насоса за вычетом напора, соответствующего давлению пара, отнесённый к плоскости оси рабочего колеса Δh (NPSHA), для фактической схемы проводимых испытаний определяется по формуле

$$\Delta h = 0,102*(P_{m1} + P_{\sigma} - P_n) / \rho + 0,0827*Q^2/d^4 + Z_{m1},$$

где P_{m1} – давление воды на входе в насос, Па; P_{σ} – барометрическое давление на высоте установки насосов, Па; P_n – давление насыщенного водяного пара на входе в насос, Па; Z_{m1} – разность отметок оси манометра $m1$ и оси рабочего колеса насоса, м.

Расчёт выполняется для условий насоса № 5 (см. табл., режим 3), который имел максимальную подачу и минимальный уровень воды нижнего бьефа.

За уровень воды в нижнем бьефе принимается уровень воды в открытой сифонной камере, где происходит разрыв напорного потока и воронка во всасывающей линии.

Превышение имеющегося Δh над $\Delta h_{дон}$ составляет $14,35 - 10,2 = 4,15$ м, то есть условия для появления кавитации во время испытаний отсутствовали.

Подобный расчёт для наиболее неблагоприятного режима: минимальный уровень воды в сифонной камере $364,0 - 0,24 = 363,76$ м (потери напора в сифоне) и максимальная подача насоса $5,23$ м³/с (по расчёту корпорации «Kubota»), уменьшает подавляющее кавитацию превышение Δh до $0,98$ м.

Практически кавитация наступает раньше, однако имеет локальный характер и не влияет на характеристику насоса.

Для снижения кавитационных явлений в насосах большое значение имеет поддержание высоких уровней воды в подводящем канале [1].

Во время обследования водослив работал на перелив глубиной 10 см, поддерживая уровни воды у водоприёмника НС на 9 см выше проектного максимально допустимого уровня.

| Номер режима | Номер НА | Режим работы | | ∇УВНБ | ∇УВВБ | H_2 | ∇ | H_s | Q | $Q_{ср}$ | $P_{м 1}$ | $P_{м 2}$ | H | N | η | η_n |
|--------------|----------|--------------|------------------------------|---------------------------------------|---|----------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------|--------------|---|-----------------|---------------|
| | | | Отметка уровня воды в канале | Отметка уровня воды в сифонной камере | Отметка уровня воды в напорном бассейне | Напор геометрический | Потери напора в сифоне | Подпор над осью рабочего колеса | Общая подача по нитке | Средняя единичная подача | Давление на входе в насос | Давление на выходе из насоса | Напор насоса | Мощность, потребляемая электро-двигателем | К.п.д. агрегата | К.п.д. насоса |
| | | | м. абс. | м. абс. | м. абс. | м | м | м | м3/с | м3/с | МПа | МПа | м | кВт | % | % |
| 1 | 8 | 8 | 365,39 | 365,16 | 433,69 | 68,53 | 0,22 | 4,01 | 4,90 | 4,90 | 0,037 | 0,78 | 75,76 | 4335 | 84,0 | 86,3 |
| 2 | 8 | 8+5 | 365,14 | 364,93 | 433,69 | 68,77 | 0,21 | 3,77 | 9,72 | 4,77 | 0,035 | 0,78 | 75,97 | 4300 | 82,7 | 84,9 |
| 3 | 5 | 8+5 | 365,14 | 364,94 | 433,69 | 68,75 | 0,19 | 3,79 | 9,72 | 4,95 | 0,043 | 0,745 | 71,58 | 4420 | 78,6 | 80,7 |
| 4 | | 5+7+8 | 365,90 | 365,68 | 435,70 | 70,02 | 0,22 | 4,53 | 13,94 | 4,65 | 0,038 | 0,770 | 74,64 | 4253 | 80,0 | 82,1 |
| 5 | | 5+7+8 | 365,90 | 365,68 | 435,70 | 70,02 | 0,22 | 4,53 | 13,52 | 4,51 | 0,038 | 0,780 | 75,66 | 4165 | 80,3 | 82,5 |
| 6 | | 1+2 | 365,90 | 365,69 | 435,70 | 70,01 | 0,21 | 4,54 | 9,50 | 4,75 | 0,037 | 0,760 | 73,72 | 4252 | 80,8 | 83,0 |
| 7 | | 1+2 | 365,90 | 365,69 | 435,70 | 70,01 | 0,21 | 4,54 | 9,10 | 4,55 | 0,037 | 0,775 | 75,25 | 4188 | 80,2 | 82,4 |

Примечание: В режимах №1-3, 5 и 7 сифоны водовыпуска разряжены.

Такой уровень при стабильном режиме работы НС безопасен и энергоэффективен, но представляет угрозу при внезапной остановке насосов, например, при погашении в энергосистеме.

Для повышения оперативности управления в целях ослабления кавитационной нагрузки на насосы и энергосбережения на НС целесообразно произвести реконструкцию НС «Бабатаг», проточной части насосов, автоматизировать работу сооружений НС с помощью системы SKADA.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гловацкий О.Я., Азимов А.И., Уралов Б.Р. Исследования динамики изменения осредненного поля скорости в аванкамере насосной станции «Шерабад» //«Гидротехника иншоотларининг самарадорлигини, ишончилиги ва хавфсизлигини ошириш» Республика илмий амалий конференция материаллари – Т, 2013 - С. 309-313,

2. Гловацкий О.Я., Бекчанов Ф.А., Эргашев Р.Р. Разработка систем диагностирования насосных агрегатов ирригационных систем //«Гидротехника иншоотларининг самарадорлигини, ишончилиги ва хавфсизлигини ошириш» Республика илмий-амалий конференция материаллари –Т., 2013. - С. 7-10.

УДК: 627.157

СТРУЯЛИ СУВ КЎТАРГИЧЛАР ИШ РЕЖИМИНИНГ ЛАБОРАТОРИЯ ТАДҚИҚОТЛАРИ

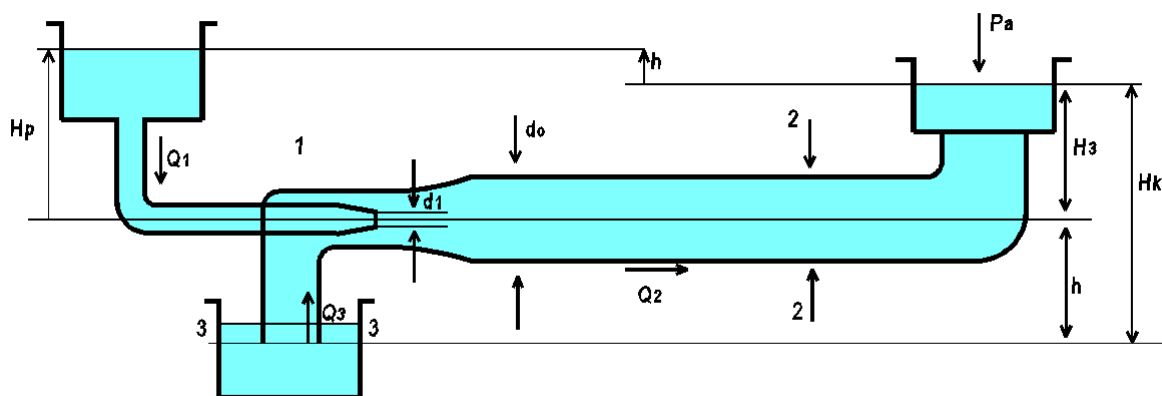
*А. Арифжанов, Д. Абдураимова, М. Отахонов, З. Ибрагимова
(ТИМИ)*

Ўзбекистон Республикасида суғориладиган ерлар учун мўлжалланган сув танқислиги кундан-кунга ошиб бормоқда. Нажижада, сув ҳажмини бошқарувчи иншоотларни реконструкция қилиш, янгиларини барпо этиш масаласи ва мавжуд иншоотлар ишини ресурстежамкор технологияларни кенг қўллаган ҳолда такомиллаштириш кун тартибидаги муҳим масала бўлиб қолмоқда. Бугунги кунда ўзлаштирилаётган ерлар кўп ҳолларда насос орқали суғориш учун мўлжалланган. Бу эса ўз-ўзидан қўшимча харажатга олиб келади. Айни пайтда сув сатҳидан 4–5 метр баландликда жойлашган ерларни ҳам насос орқали суғоришга тўғри келади. Шу билан бирга ҳозирги кунда техниканинг қатор соҳаларида ресурстежамкор технологияларга асосланган суюқлик узатиш мосламаларидан фойдаланилмоқда. Шулар жумласидан струяли сув кўтаргичлардир.

Струяли сув кўтаргич иш принципида ишчи оқим ёрдамида камерада вакуум юзага келтирилади ва сув босимлар фарқи ҳисобига маълум баландликка кўтарилади. Яъни, ҳулоса шундан иборатки сув кўтаришни оқим босимини ўзгартириш орқали амалга ошириш мумкин.

Струяли сув кўтаргичларни лаборатория шароитида синаш учун жараёни моделлаштириш талабларига амал қилиш лозим.

Жараёни умумий схематик куралини 1- расм асосида ифодаласак, у ҳолда сув кўтаргич параметрларини қуйидагича ифодалаш мумкин:



1- расм

1. Ишчи напор- сув кўтаргич мосламани ишга туширувчи манба: Ишчи камеранинг кириш (1-1) ва чиқиш (2-2) қисмидаги напорлар фарқи асосида аниқланади:

$$H_p = \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} - \frac{p_2}{\gamma} - \frac{v_2^2}{2g}$$

2. Керакли напор: Сув кўтаргич мосламасида ҳосил қилинадиган напор.

$$H_k = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} - \frac{p_3}{\gamma} - \frac{v_3^2}{2g}$$

3. Ишчи оқим сарфи:

$$Q_1 = g_1 \cdot \omega_1 = g_1 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2$$

4. Узатилаётган сув сарфи:

$$Q_1 = g_3 \cdot \omega_3 = g_3 \cdot \frac{\pi(d_0^2 - d_1^2)}{2}$$

5. Сув кўтаргичнинг Ф.И.К.

$$\eta = \frac{H_k \cdot Q_3}{H_p \cdot Q_1}$$

Бу турдаги сув кўтаргичларда гидравлик қаршилиқлар ҳисобига энергия йўқолишлари кўп бўлади.

Напор йўқолишлари оқимларнинг қўшилиш жараёнларида, сув кўтаргич ишчи қисмининг деворларида ишқаланиш ҳисобига ҳамда оқим кинетик энергиясини камайтириш нагижасида (диффузорда) юзага келади. Бу жараённи тўла баҳолаш учун лаборатория шароитида изланишлар олиб боришни тақозо этади.

Моделлаштириш талаблари асосида жараённи ўрганишда асосий параметрларни ўлчов бирликларсиз ёзамиз ва қуйидаги параметрларни киритамиз:

$$\text{Нисбий напор: } H = \frac{H_k}{H_k + H_p}$$

$$\text{Нисбий сарф: } q = \frac{Q_3}{Q_1}$$

У ҳолда юқоридагилардан фойдаланиб Ф.И.К учун қуйидаги ифодани ёзамиз:

$$\eta = \frac{q \cdot H}{(1 - H)}$$

Сув кўтаргич ишчи камерасининг геометрик ўлчамларини қуйидаги кўринишда ифодалаймиз:

$$S = \frac{d_0^2 - d_1^2}{d_1^2}$$

Бу йўналишда олиб борилган изланишлар таҳлилидан [1,2 ва бошқ.] маълумки, $H_p + H_k = \text{const}$ бўлган ҳолат учун сув кўтаргичнинг бир неча характеристикаларини олиш мумкин.

Бу характеристикаларни лаборатория шароитида сув кўтаргич моделини яратиб, синаб кўриш мумкин. Моделлаштириш қўйидаги талаблар асосида амалга оширилди.

1. “S” қийматининг бир хиллиги баробарида, геометрик ўхшашлик шarti бажарилди.

2. Сув кўтаргич иш қисмидаги нисбий ғадир-будурлик қийматининг деярли бир хиллиги таъминланди.

3. Кинематик ўхшашлик талаблари бажарилишида ($q = \text{const}$), Рейнолдс мезони ўхшашлиги $Re = \text{const}$ шartiга амал қилинди.

Рейнолдс мезони қўйидагича аниқланди [1, 3]:

$$Re = \frac{d_1 \sqrt{2g(H_k + H_p)}}{\nu}$$

Агар ишчи напор тезлигини қуйидагича аниқласак:

$$g_c = \frac{Q}{\omega_c}$$

Сув кўтаргичда ҳосил бўладиган фойдали напорни қуйидаги тенглама асосида ёзамиз:

$$H_{k_1} = \frac{g_c^2}{2g} \left[\frac{2}{S} + \frac{S-2}{(S-1)^2} q^2 - \frac{1}{S^2} (1+q) \right],$$

Қувурлар тизимидаги напор йўқолишларини инобатга олсак, фойдали напорни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$H_k = H_{k_1} - h_f$$

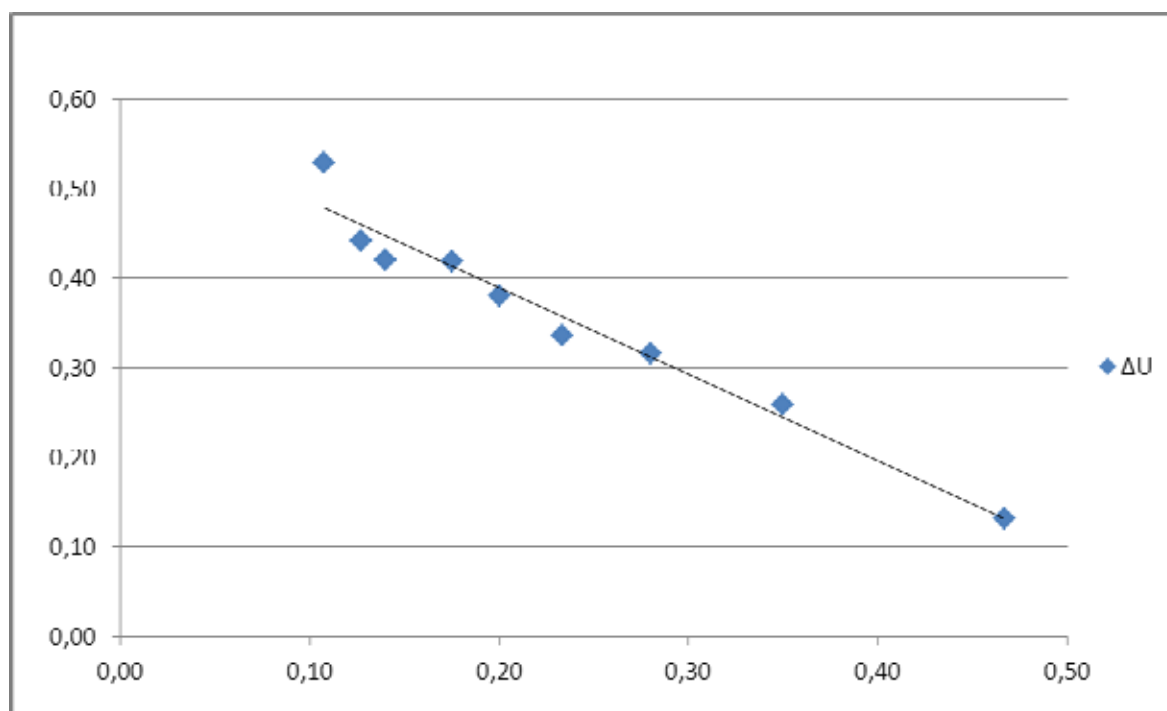
h_f - тизимда йўқолган напор.

Сув кўтаргичда ҳосил бўладиган фойдали напорнинг ҳақиқий миқдори сув кўтаргичда йўқолган напор билан тўғридан тўғри боғлиқ. Йўқолган напор миқдори гидравлик ҳисоб бўйича аниқланади.

Тадқиқот объекти параметрлари асосида сув кўтаргич мосламанинг гидравлик ҳисобини бажарамиз. Сув кўтаргич мосламани текшириш бўйича тажрибалар ҳар хил сарфларда ва ҳар хил напорларда амалга оширилди.

1 Жадвал - Струяли сув кўтаргич гидравлик параметрларининг таҳлили ($d_H=10\text{мм}$;))

| № | H_p , см | Q_p , м ³ /с | H_v , см | Q_1 , м ³ /с | Q_0 , м ³ /с | ΔH | ΔU |
|---|------------|---------------------------|------------|---------------------------|---------------------------|------------|------------|
| 1 | 150 | 383 | 70 | 52 | 435 | 0,46 | 0,14 |
| 2 | 200 | 398 | 70 | 100 | 498 | 0,35 | 0,25 |
| 3 | 250 | 445 | 70 | 141 | 586 | 0,28 | 0,32 |
| 4 | 300 | 473 | 70 | 155 | 628 | 0,23 | 0,33 |
| 5 | 350 | 502 | 70 | 195 | 697 | 0,2 | 0,39 |
| 6 | 400 | 613 | 70 | 255 | 868 | 0,18 | 0,42 |
| 7 | 500 | 705 | 70 | 295 | 1000 | 0,14 | 0,42 |
| 8 | 550 | 815 | 70 | 360 | 1175 | 0,13 | 0,44 |
| 9 | 650 | 895 | 70 | 472 | 1367 | 0,1 | 0,53 |



2 Расм - Струяли сув кўтаргич характеристикаси

Тажрибалар натижасида олинган қийматлар асосида струяли сув кўтаргичнинг напор характеристикалари $Q_1 = f(\Delta H_1)$ (1-Жадвал, 2-расм) кўрилди.

Олинган натижалар таклиф этилаётган курилма сувни маълум баландликка кўтариш имкониятига эга эканлигини кўрсатди.

АДАБИЁТЛАР:

1. Латипов К.Ш. Гидравлика, гидромашиналар, гидроюритмалар. – Тошкент: Ўқитувчи, 1992 – 420 б.
2. Арифжанов А., Рахимов Қ., Ҳамроев С Гидравлический расчет струйного аппарата // САНИИРИ на пути к интегрированному управлению водными ресурсами. – Ташкент, 2010. – С. 73-74.
3. Дусқулова Н, Абдурайимова Д. Кичик напорли ресурстежамкор сув кўтаргичлар // САНИИРИ на пути к интегрированному управлению водными ресурсами. – Ташкент, 2010. – С. 128-130.
4. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. – М.: Энергия, 1970

УДК 627.157

ЧЎКИНДИЛАРНИНГ ОҚИМ УЗУНЛИГИ БЎЙИЧА ТАҚСИМОТИ ДИНАМИКАСИ

А. Арифжанов, Л. Самиев, Д. Абдураимова
(ТИМИ)

Чўкиндилабнинг оқим узунлиги бўйича тақсимоти динамикасининг тадқиқоти асосида суғориш каналларидаги тиндиргичлар ҳисобини амалга ошириш мумкин бўлади. Тиндиргичлар сув таъминоти тизимининг асосий қисми ҳисобланади, уни қуриш ва эксплуатация қилиш кўп харажатларни талаб этади. Қуриладиган сув тозалаш иншоотларини мумкин қадар арзон бўлишини ва эксплуатация шароитларида кам харажат талаб қилиши учун сув тозаловчи иншоотларни лойиҳалаётганда сув объектларининг асосий гидравлик хоссаларини тўлиқ ўрганиш талаб этилади [1, 2, 3 ва б.]

Тиндиргичлар ҳисоби канал иш режими, йил давомида каналдан ўтаётган заррачаларнинг ўртача гидравлик йириклигини ҳисобга олган ҳолда ва тармоқнинг максимал сув сарфи кийматлари асосида олиб борилади.

Ҳозирги пайтда бу ҳолатларни тўлиқ инобатга олиб, чўкиндилабнинг оқим узунлиги бўйича тақсимотини ифодаловчи назарий ишланмалар яқунланмаган. Мавжуд ҳисоблаш услублари текис ҳаракатга мўлжалланган бўлиб, тиндиргичларда юзага келадиган нотекис ҳаракатни инобатга олиш имконияти чекланган.

Юқоридагиларни инобатга олиб, оқимнинг нотекис ҳаракат дифференциал тенгламасини қуйидаги кўринишда ёзамиз [3, 4, 5 ва б.]

$$i - \frac{dh}{dx} = -\frac{\alpha Q_0^2}{g} \cdot \frac{1}{\omega^3} \left(\frac{\partial \omega}{\partial s} + B \frac{dh}{ds} \right) + \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} \quad (1)$$

бу ерда: $Q_0 = Q_1 + Q_2$,

Q_1 - сув сарфи, Q_2 – лойка сарфи,

$$Q_2 = (1 - S)Q_1,$$

S – лойқалик микдори; C – Шези коэффиценти; R – гидравлик радиус;

ω - оқимнинг кўндаланг кесим юзаси; B – оқим сатҳининг эни; Q – оқим сарфи;

α - Кориолис коэффиценти.

Оқим узунлиги бўйича чўкиндилаб тақсимотини ифодалаш учун молекуляр-кинетик назариядан фойдаланамиз.

У ҳолда, муаллақ чўкиндилабни кинетик энергияси ўзгаришини қуйидагича ифодалаймиз [2, 3 ва б.]:

$$\frac{dK_x}{dx} = -g(\rho_T - \rho)W_T n \sin \alpha + \frac{1}{2} \rho W_T n \frac{d\vartheta_T^2}{dx} \quad (2)$$

бу ерда ρ ва ρ_T - мос равишда суюқлик ва қаттик зарралар зичлиги;

W_T - шар кўринишидаги қаттик зарра ҳажми;

g_T - оқимдаги чўкинди тезлиги;

g - эркин тушиш тезланиши;

$\sin \alpha$ - ўзан нишаблигининг горизонталга нисбатан бурчак қиймати;

n - оқимдаги зарралар сони.

Тенгламани (2) ечими асосида, оқим узунлиги бўйича чўкиндилар тақсимоти учун қуйидаги ифодани оламиз:

$$S = S_0 \left(\frac{\omega_0}{\omega} \right)^{2a} \exp \left\{ - \frac{D}{Q^2} \int_0^x \sin \alpha \omega^2 dx \right\} \quad (3)$$

D – оқимдаги чўкиндиларни характерловчи параметр:

$$D = \frac{3g(\rho_T - \rho)}{2\rho_T} \left(\frac{d_i}{d_o} \right)^3;$$

бу ерда S_0 , ω_0 - мос равишда бошланғич створдаги ўртача лойқалик ва жонли кесим юзаси;

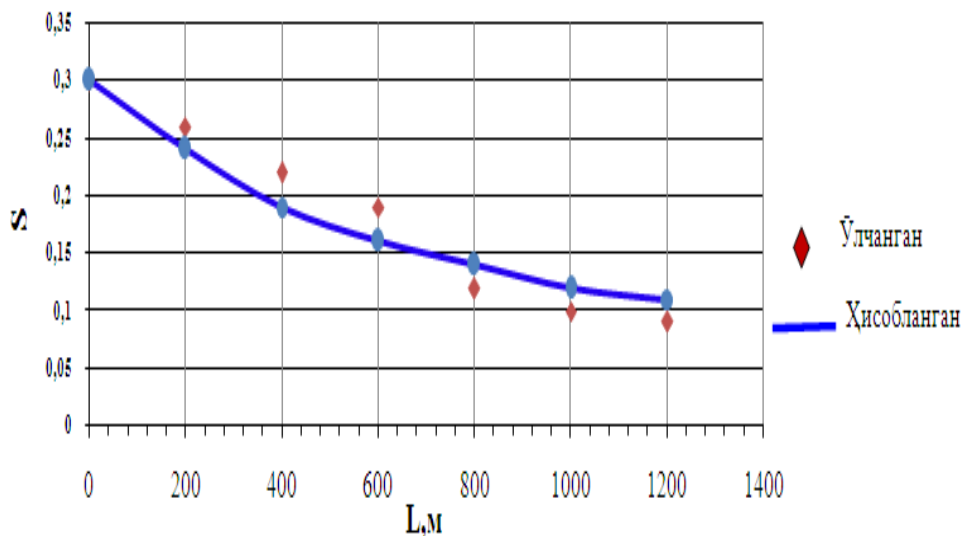
ρ ва ρ_T - мос равишда суюқлик ва қаттиқ зарралар зичлиги; d - қаттиқ зарраларнинг диаметри.

Юқоридаги формулани x га нисбатан функция бўлган ихтиёрий кесимдаги ўзан узунлиги бўйича лойқаликнинг тақсимланишини ҳисоблаш учун фойдаланиш мумкин. Бунда асосий қийинчилик бу функцияни танлаш ва интегрални ҳисоблашдир.

Бунинг учун (1), (2) ва (3) тенгламаларни биргаликда ечимини топиш лозим булади.

Тенгламалар системаси сонли усулда ечилади ва унинг учун махсус ҳисоблаш дастури ишлаб чиқилди.

Натижада нотекис ҳаракат давомида чўкиндиларни оқим узунлиги бўйича тақсимотини ифодаловчи ҳисоблаш услуби яратилди.



Расм - Чўкиндиларнинг оқим узунлиги бўйича ўзгариш графиги

Таклиф этилган ҳисоблаш услубининг афзаллиги шундан иборатки, тенгламада оқим узунлиги бўйича чўкиндилар тақсимоти оқимнинг гидравлик элементларини ўзгаришига боғлиқдир. Бу эса жараёни тўлароқ ифода этишга имкон беради.

Таклиф этилган ҳисоблаш услубини таҳлил қилиш учун табиий дала шароитида (Миришкор каналида, Катта Фарғона каналида) ўтказилган изланишларда туплаган маълумотлардан фойдаланилди.

Ўлчанган ва ҳисобланган қийматларни солиштиришдан (Расм) маълум бўлдики таклиф этилган услубни амалиётга тавсия этиш мумкин

АДАБИЁТЛАР:

1. Арифжанов А.М. Методы расчёта распределения частиц наносов в руслах переменного сечения // Гидротехническое строительство. - 2004. - № 4. – С. 50-54.

2. Арифжанов А.М. Распределение взвешенных наносов в стационарном потоке // Водные ресурсы. - 2011. – Т. 28, № 2 – С. 185-187.

3. Арифжанов А.М., Фатхуллаев А.М. Гидравлический расчет оросительных каналов в земляном русле // Кишлок ва сув хўжалиги муаммолари: Тез. докл. научн. конф. (3-6 май 2004).– Ташкент, 2004. - 66-67 б.

УДК 681.5: 626.810

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОПОПОТРЕБЛЕНИЯ НА УРОВНЕ АВП И ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

*И.А. Ахмедходжаева, Н. Икрамов
(НИИИВП при ТИИМ)*

После провозглашения независимости в Узбекистане колхозы и совхозы были заменены частными фермерами и ассоциациями водопотребителей (АВП). В 2008-2010 годах в Узбекистане была проведена оптимизация фермерских хозяйств и было зарегистрировано 80628 хозяйств. Более 50 % потерь воды происходит из-за недостатков системы доставки орошаемой воды и несовершенной практики орошения на уровне АВП и фермерских хозяйств. Кроме того, низкое качество доступных данных о земле и водных ресурсах, отсутствие аналитических инструментальных средств использования воды не позволяет своевременно принимать правильные решения.

В этом отношении, улучшение использования водно-земельных ресурсов, увеличение эффективности водоподводящей системы для орошения, применение водосберегающих технологий и средств водоучета, развитие системы мониторинга использования воды и информационно-аналитической системы, основанной на передовой науке и технологии, является очень важным.

Данная работа выполняется в рамках программы «Каждая капля дорога», которая направлена на достижение Целей Тысячелетия путем адаптации к изменению климата и управления водой с участием общественности. Работа направлена на улучшение использования водных ресурсов на уровне АВП и фермеров, и при этом будут выполнены следующие работы:

1. Разработка научно-обоснованной системы мониторинга и оценки на основе изучения ситуации на пилотном участке, включающая:

- ГИС-карту с базой данных для АВП, включающую в себя всю инфраструктуру оросительных сооружений, виды сельхозкультур, орошаемые площади, данные по воде и т.д.

- Программный продукт для вычисления водного баланса и эффективности оросительной системы, включающий аналитические инструментальные средства для мониторинга.

2. Оснащение системы доставки воды измерительными устройствами для улучшения управления водой и анализ экономии воды.

3. Демонстрация подготовки земли (планировка) и применения эффективных водосберегающих технологий (улучшенные способы бороздкового полива и капельное орошение).

4. Разработка рыночной системы стимулирования экономии воды для фермеров. Проведение тренингов для персонала АВП и фермеров.

5. Создание Ресурсного Центра для обеспечения поддерживающих услуг фермерам, включая тренинги, направленные на повышение продуктивности и дохода фермеров.

В качестве пилотной была выбрана АВП «Прогресс Нур», которая расположена в Пастдаргомском районе Самаркандской области. В настоящее время в Самаркандской области 37 АВП обслуживают 8804 фермерских хозяйств, и выбранная АВП является типичным для области по организации водораспределения и имеющимся проблемам. АВП обслуживает 2000 га земли подвешенные к НС Мехнатобад-3. Выбранный пилот олицетворяет также ситуацию с 70 % насосными станциями в бассейне. Фермеры используют воду, поднятую на высоту 72 м, которая является достаточно дорогим и субсидируется правительством. В последние 5 лет 127 га сельскохозяйственных земель и 46 га приусадебных участков заброшены из-за недостатка воды. Инфраструктура орошения, созданная в советское время, полностью изношена. Водозабор осуществляется из целого ряда отверстий, сделанных фермерами в напорном трубопроводе

диаметром 1200 мм. Командная площадь разделена на различные по размеру участки (от 5 до 80 гектаров) и разной формы: квадраты, прямоугольники, треугольники.

Нужно отметить, что этот участок выбран проектом МСВХ и ПРООН «План ИУВР и водосбережения для бассейна р. Зарафшан» в качестве пилотной зоны для демонстрации водо- и энергоэффективности. Один из главных условий снижения энергозатрат – повышение эффективности использования воды. Проект ПРООН покрыл расходы на капитальный ремонт насосно-силовых агрегатов насосной станции, а также строительство машинного канала протяженностью 4 км и водораспределительных узлов, которые будут оснащены гидростами. Однако, вопросы внутрихозяйственного водопользования не входят в состав задач того проекта.

Стратегия увеличения продуктивности воды не может разрабатываться в полной мере, если в вопросах орошения не учитываются имеющиеся потери воды, особенно на уровне поля, что составляет более 50 % потерь. Была изучена вся оросительная инфраструктура, транспортирующая воду для полива, и определены проблемы в орошаемой площади. Проект в основном направлен на адаптацию управления водой в условиях изменения климата посредством демонстрации технических механизмов (например, улучшение ирригационной инфраструктуры водопотребителей, и т.п.) и демонстрации современных водосберегающих технологий для фермеров, чтобы увеличивать продуктивность в условиях изменения климата.

Для этого выбраны 2 экспериментальных участка: на одном проводятся сельскохозяйственные работы традиционным способом, на втором – по современным агротехнологиям (Рис 1). Для мониторинга водопользования фермерами построены водомерные сооружения на входе и выходе этих участков.



Рис. 1 - Места расположения основных объектов для проведения исследований

На выбранных участках (Фото 1 и 2) выполнена планировка полей, и будут применены улучшенные методы бороздкового полива. Кроме этого, будет протестирована эффективность капельного орошения, которая будет построена частично за счет проекта.



Фото 1 - Выбор испытательных участков



Фото 2 - Процесс установки гидропостов

В процессе работы были собраны следующие исходные данные: технические данные по каналам и сооружениям (пропускная способность, размеры, состояние, проблемные участки, эффективность работы и т.п.), водозаборы и водовыпуски, управление водой на данной территории, типы водомеров, документация о поставке воды, отчеты, план водопользования, земельные ресурсы, виды культур, данные о месторасположении фермерских и домашних хозяйств, имеющееся оборудование. Выполнен глубокий анализ местной ситуации по анализу данных по доставке воды и водопотреблению, использованию фермерских земель, данных по доходам и затратам.

На основе этого анализа разработан Программный продукт для выполнения расчетов баланса воды. Ниже на Рис. 2 показана электронная водобалансовая схема. При этом инструменты расчета водного баланса интегрированы в мониторинговую систему, на основе которого фермеры могут принять правильное и своевременное решение по размещению культур и воды.



Рис. 2 - Электронная водобалансовая схема

Из этого рисунка видно, что кроме объемов поданной или запланированной для подачи воды, можно отслеживать площади орошения. Программа обрабатывает и анализирует данные и централизованно хранит водохозяйственную информацию. Данная программа позволяет:

- управлять экономичным распределением водных ресурсов, посредством ежедневного мониторинга вводимой информации,

- контролировать качество вводимой информации по оперативным данным,
- получать различные виды выходных и отчетных форм,
- трансформировать требуемые объемы оперативных данных в форматы Excel для дальнейшего их использования вне базы данных,
- систематизировать накопленный схематический материал.

Можно получить значения ежедневного, декадного, месячного, а также годового объема водопользования или гектаров, а также оценить эффективность принимаемых решений по плану или данных по факту. Отчетные материалы выводятся в табличной форме, или при необходимости, в графической.

На рис. 3 приведены формы и расчетные зависимости по объемам воды в системе и значения полей, где проведены поливы. На электронной карте будет наглядно видно, на каком участке происходит переполив, а где наблюдается нехватка воды.

Расчеты выполняются по зависимости, позволяющей учитывать характеристики водотока, потери воды на испарение и фильтрационные потери. Модель основана на балансовых уравнениях, в которых используются плановые показатели или имеющиеся фактические характеристики по водоподаче. Уравнение водного баланса расчетного участка за данный интервал времени Δt (сутки, декады, месяц) имеет вид (млн м³):

$$W_1 + W_2 - V_1 - V_2 - P = \Delta W$$

Где W_1 - поступление воды на отсек участка; W_2 - приток КДС в пределах отсека; V_1 - отток с замыкающего створа; V_2 - водозабор на участке; P - потери воды; ΔW - невязка баланса. Потери определяются по формуле (млн м³):

$$P = P_{исп.} - P_o + P_{ф.п.} - P_{ф.пр.}$$

где $P_{исп.}$ - потери на испарение; P_o - поступление воды за счет осадков; $P_{ф.п.}$ - фильтрационные потери; $P_{ф.пр.}$ - фильтрационный приток на участок, который имеет существенное значение для данного участка по гидрогеологическим характеристикам.

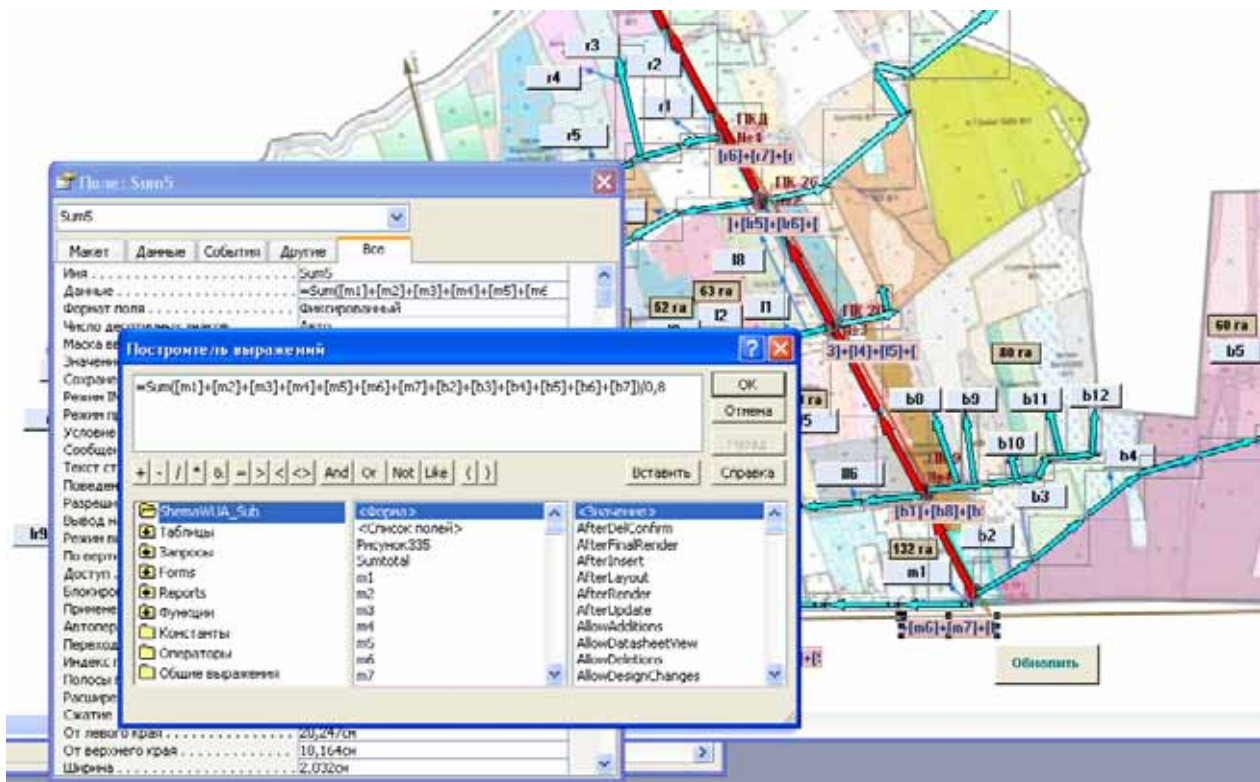


Рис. 3 - Формы для расчетов объема воды в системе и значения поливаемых гектаров

Сумма возвратных вод на участке количественно равна разнице между объемом доставленной воды и суммарным значением потерь. Возвратные воды состоят в структуре расходов воды, являются дополнительными водными ресурсами и используются

нижеразмещенными фермерами. В этом заключается их позитивная роль.

Для оценки доли возвратного стока в общем расходе воды предстоит собрать данные о водозаборах фермерами и сбросах по каждому из межучастковых интервалов. Однако, возвратные воды являются также источником серьезного загрязнения почвы и роста его минерализации.

Разработанная водобалансовая модель для внутрихозяйственных оросительных каналов с аналитическим модулем для оценки, планирования и оперативного перераспределения воды между фермерами и домохозяйствами, включая линейные схемы инфраструктуры в рамках АВП, на базе в MSAccess, Visual basic и других ИТ инструментов позволят эффективно распределять воду. Специалисты АВП «Прогресс Нур» и фермеры будут иметь необходимую прозрачную информацию касательно плана водораспределения, и при необходимости возможность корректировки плана, а также о полученной воде.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Денисов Ю.М., Сергеев А.И., Побережский Л.Н. Метод оценки водообеспеченности орошаемой территории // Тр. САНИГМИ. – 1996. - Вып.149. - С. 68-78.
2. Денисов Ю.М., Мягков С.В. Математическое моделирование и современные методы гидрологических расчетов и прогнозов. // Тр. САНИГМИ. – 1996. - Вып.149.
3. Microsoft Access. Система управления реляционными базами данных для Windows. Руководство пользователя - Microsoft Corporation.
4. Водосберегающие технологии в фермерских хозяйствах / ИВМИ. Проект «ИУВР-Фергана». 2009.
5. Вода – жизненно важный ресурс для будущего Узбекистана / ПРООН, Ташкент, 2007 г.
6. Мухамеджанов Ш.Ш., Халиуллина А.Р. Инновационное партнерство / Научно-информационный центр МКВК, Узбекистан.

УДК 681.5:628.8

ВЫБОР ЗАКОНОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ НА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

И. Бегимов
(НИИИВП при ТИИМ)

The article considers the algorithms of the selection of automatic water level control law for irrigation channels through computer simulation of the dynamic processes running in water facilities automatic control systems based on their structural representation.

Мақолада ирригация каналларидаги автоматик бошқариш тизимлари учун автоматик ростлаш қонунлари алгоритмларини, сув ҳўжалиги объектлари автоматик ростлаш тизимларида ўтадиган динамик жараёнларни уларнинг таркибий тузилиши асосидаги компьютерда моделиштириши асосида танлаш масалалари кўриб чиқилган.

В статье рассматриваются алгоритмы выбора закона автоматического регулирования уровня воды на ирригационных каналах с помощью моделирования динамических процессов, протекающих в системах автоматического регулирования водохозяйственном объекте на основе их структурного представления.

Автоматизация процессов управления ирригационными каналами в условиях изменяющейся водоподачи и водопотребления требует применения современных систем автоматического регулирования, которые в сочетании со средствами телемеханики и вычислительной техники позволяют получить близкие к оптимальным режимы работы участков канала, гидротехнических сооружений, насосных станций и значительно сократить непроизводительные потери водных ресурсов.

В системе автоматического регулирования уровня воды верхнего бьефа обратная связь осуществляется с помощью измерения уровня воды верхнего бьефа перегораживающего сооружения. Измеренный сигнал поступает в устройство сравнения, где определяется отклонение заданного значения уровня воды с измеренным значением. Далее сигнал отклонения поступает в

регулятор уровня воды, где по выбранному закону регулирования регулятора вырабатывает управляющее воздействие на открытие или закрытие затвора перегораживающего сооружения.

Рассмотрим описание представленной системы регулирования уровня воды верхнего бьефа перегораживающих сооружений на участках канала (рис. 1).

Участок канала – 1:

Граничные условия при $x=0$ участка – 1:

$$Q_1(0,t) = F_0(t) = \mu_0 \omega_0(t) \sqrt{2g[z_{\text{вб}}(t) - z_1(0,t)]}, \quad (1)$$

Уравнение регулятора P_0 уровня (расхода) воды нижнего бьефа:

$$\omega_0(t) = W_{r_0}(t, H_0(b_0, t), H_0^*(t)), \quad (2)$$

где W_{r_0} – оператор (закон) регулирования регулятора 1, $H_0(b_0, t)$ – уровень воды на участке-1, где стоит датчик уровня воды, b_0 – расстояния от начала участка, $H_0^*(t)$ – задания на регулятор P_0 .

Граничные условия при $x=l_1$ участка – 1:

$$\begin{aligned} Q_1(l_1, t) &= F_1(t) + Q_2(t) + Q_3(t), \\ F_1(t) &= \mu_1 \omega_1(t) \sqrt{2g[z_1(l_1, t) - z_2(0, t)]}, \end{aligned} \quad (3)$$

Уравнения регуляторов P_1, P_2 и P_3 , уровня (расхода) воды нижнего бьефа:

$$\omega_2(t) = W_{r_2}(H_2(b_2, t), H_2^*(t)), \quad (4)$$

где W_{r_0} – оператор (закон) регулирования регулятора 1, $H_1(b_1, t)$ – отметка уровня воды на участке-1, где стоит датчик уровня воды, b_1 – расстояние от начала участка, $z_i^*(t)$ – задание на регулятор P_0 .

Система регулирования по верхнему бьефу работает следующим образом. Если, например, по каким-то причинам уровень воды верхнего бьефа увеличивается по сравнению с заданным значением уровня воды, то регулятор вырабатывает сигнал на открытие затвора на определенную величину, вычисленную законом регулирования регулятора. После открытия затвора перегораживающего сооружения уровень воды верхнего бьефа начинает снижаться, так расход воды по перегораживающему сооружению будет больше его предыдущего значения. Регулятор будет корректировать значение открытия затвора перегораживающего сооружения до тех пор, пока уровень воды верхнего бьефа не станет близким к заданному значению.

В системе регулирования по верхнему бьефу (рис. 1) в боковых водовыпусках, расположенных перед перегораживающими сооружениями, применяются системы регулирования расхода воды. Обычно регулирование расхода воды в водовыпусках реализуется посредством регулирования уровня воды в расположенных ниже водовыпуска гидростатах, имеющих однозначные расходные характеристики.

В системах автоматического регулирования уровня воды на участках канала обычно применяются различные регуляторы уровня воды.

В практике автоматизации водохозяйственных систем применяются гидравлические, электрические и электронные регуляторы уровня воды. Гидравлические регуляторы, в основном, имеют законы регулирования непрерывного действия, а электрические и электронные регуляторы – дискретного.

Законы регулирования для автоматических регуляторов уровня воды на ирригационных каналах (рис. 2). Законы регулирования гидравлических регуляторов обусловлены, в основном, их конструктивными элементами [1-5], в большинстве случаев эти законы пропорциональные или пропорционально-интегральные. Электрические регуляторы [4], в основном, реализуют пропорционально-интегро-дифференциальные (ПИД) законы регулирования. Применение программируемых логических контроллеров в контуре системы регулирования водохозяйственных объектов позволяет применять довольно сложные законы регулирования в контуре управления.

Пропорциональный закон регулирования, когда управляющее воздействие, т.е. значение открытия затворов, определяется пропорционально по значению отклонения фактического значения уровня воды от заданного.

Пропорциональный закон регулирования записывается следующим образом

$$Q(t) = Q_0 + k\theta(t), \quad (5)$$

где Q_0 – начальное значение регулирующего воздействия; k – коэффициент пропорциональности; $\theta(t)$ – значение рассогласования регулируемой величины.

В пропорционально-интегральном законе регулирования управляющее воздействие, т.е. значение открытия затворов, определяется пропорционально значению отклонения фактического значения уровня воды от заданного и интеграла отклонения по времени.

Пропорционально-интегральный закон регулирования записывается следующим образом

$$Q(t) = Q_0 + k \left(\theta(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t \theta(\tau) d\tau \right) \quad (6)$$

где Q_0 – начальное значение регулирующего воздействия; k – коэффициент пропорциональности, T_i – постоянная времени интегрирования; $\theta(t)$ – значение рассогласования регулируемой величины.

Рассмотрим применение ПИД законов регулирования с помощью программируемых контроллеров.

Пропорционально-интегрально-дифференциальный закон (ПИД) представляет собой стандартный алгоритм, используемый для контроля непредсказуемо меняющихся величин.

Пропорционально-интегрально-дифференциальный закон регулирования записывается следующим образом

$$Q(t) = Q_0 + k \left(\theta(t) + T_d \frac{d\theta(t)}{dt} + \frac{1}{T_i} \int_0^t \theta(\tau) d\tau \right), \quad (7)$$

где Q_0 – начальное значение регулирующего воздействия; k – коэффициент, T_d – постоянная времени дифференцирования; T_i – постоянная времени интегрирования; $\theta(t)$ – значение рассогласования регулируемой величины.

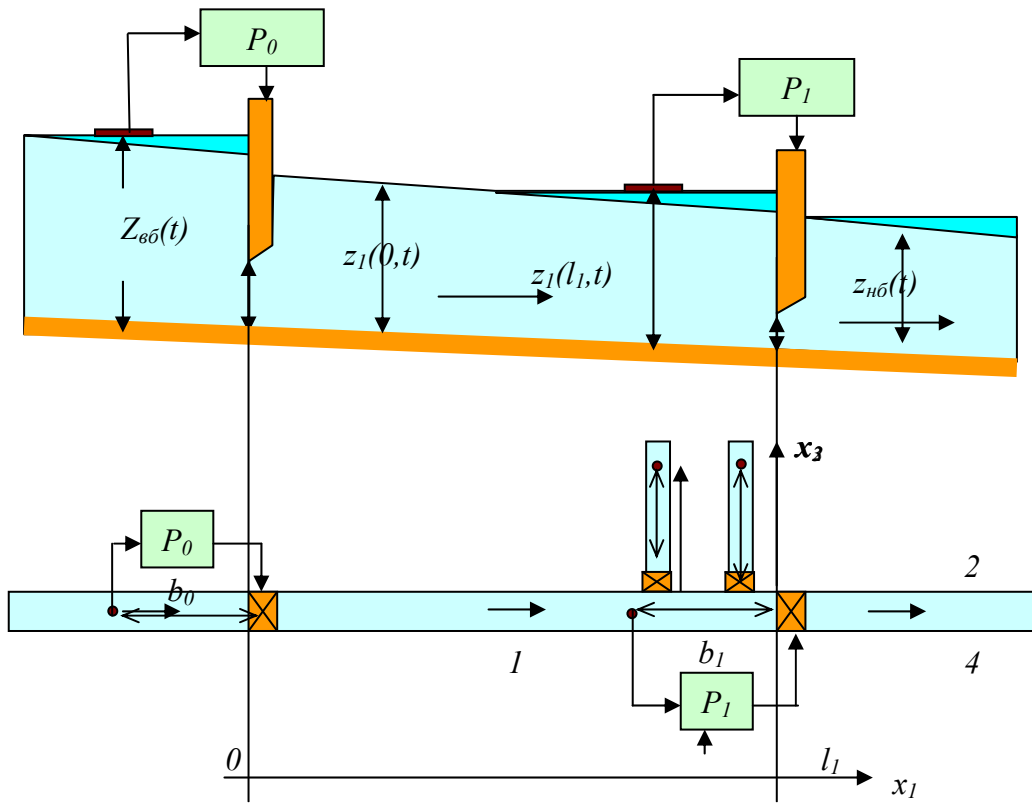


Рис. 1 - Система автоматического регулирования по верхнему бьефу

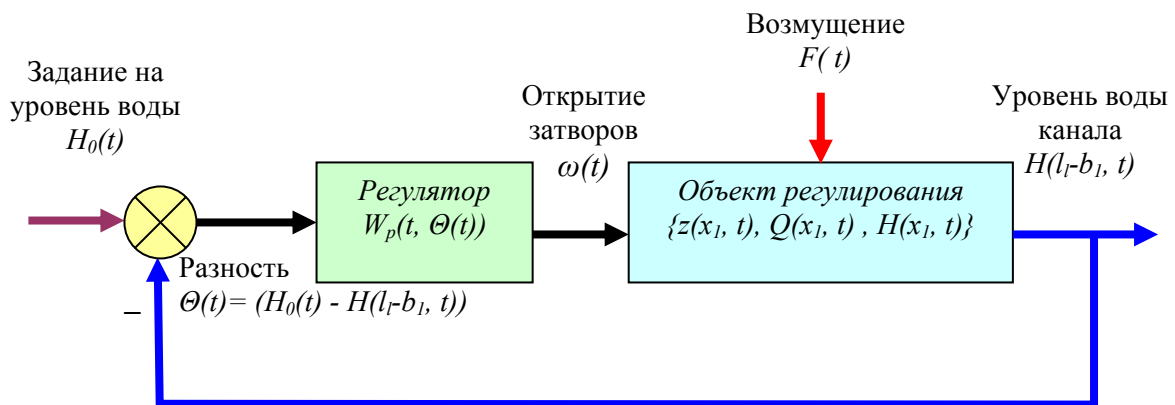


Рис. 2 – Структурная схема системы автоматического регулирования уровня воды на участке канала

Далее приведем принцип реализации на контроллере ПИД-регулятора:

$$Q^{k+1}_{\text{вых}} = Q_0 + (k(P^k + I^k + D^k)) \quad (8)$$

где:

- $Q^{k+1}_{\text{вых}}$ – выходное значение регулятора
- Q_0 – величина постоянного смещения
- k – коэффициент пропорциональности контроллера
- P^k – пропорциональный член
- I^k – интегральный член

D^k – дифференциальный член

Пропорциональный член вычисляется по следующей формуле:

$$P^k = H_{зад}^k - H_{фак}^k \quad (9)$$

где:

P^k – пропорциональный член
 $H_{зад}^k$ – задаваемая величина уставки уровня верхнего бьефа
 $H_{фак}^k$ – фактический уровень верхнего бьефа

Интегральный член вычисляется по следующей формуле:

$$I^k = I^{k-1} + \frac{(P^k + P^{k-1}) dt}{2 T_i} \quad (10)$$

где:

I^k – интегральный член
 I^{k-1} – интегральный член, вычисленный в предыдущий момент времени (на предыдущем шаге)
 P^k – пропорциональный член
 P^{k-1} – пропорциональный член, вычисленный в предыдущий момент времени (на предыдущем шаге)
 dt – временной шаг контроллера (интервал времени, с которым контроллер производит вычисления)
 T_i – постоянная времени интегрирования

Для расчета дифференциального члена используется следующее выражение:

$$D^k = \frac{(H^{k-1} - H^k) T_i}{2 dt} \quad (11)$$

где:

D^k – дифференциальный член
 H^{k-1} – фактический уровень в верхнем бьефе, измеренный на предыдущем шаге
 T_i – постоянная времени дифференцирования

В рассмотренных алгоритмах, если не учесть член дифференцирования, мы получим алгоритм **пропорционально-интегрального закона регулирования, или если не учесть члены дифференцирования и интегрирования, то получим пропорциональный закон регулирования.**

Основными параметрами закона регулирования ПИД-регулятора являются параметры k , T_i и T_d .

Эти параметры определяются по качеству переходного процесса в системе автоматического регулирования. Так как объекты водохозяйственной системы относятся к нелинейным объектам с распределенными параметрами аналитическое определение этих параметров из условия наилучшего качества переходного процесса в настоящее время не разработаны. Поэтому определение параметров k , T_i и T_d осуществляется на основе математического моделирования или на реальном объекте экспериментальным путем в процессе настройки системы регулирования.

В [7-9] разработан метод моделирования сложных систем с распределенными параметрами, основанный на их структурном представлении.

Для моделирования динамических процессов в системах автоматического регулирования водохозяйственного объекта на основе их структурного представления решаются следующие задачи: расчленение системы регулирования по участкам каналов и русел; составление структурной схемы взаимосвязанных участков по типам условий сопряжения; нахождение матрицы дискретного представления по ее структурной схеме и матрицам дискретного представления каждого блока. Эта задача решается путем преобразования исходной структурной схемы к более простым структурным схемам.

Последовательность действия при этом такова:

1. Составляется математическое описание системы автоматического регулирования

водохозяйственного объекта (системы уравнений участков ирригационного канала с начальными и граничными условиями и условиями сопряжения, уравнение регулятора и др.).

2. Выделяются блоки, описывающие типовые водохозяйственные объекты, имеющие алгоритмы моделирования.

3. Выбираются алгоритмы дискретного представления выделенных блоков.

4. Составляется структурная схема системы автоматического регулирования водохозяйственного объекта и выделяются входные и выходные сигналы.

5. Вычисляются элементы матрицы дискретного представления системы путем последовательного преобразования ее структурной схемы, при этом используются алгоритмы вычисления характеристик соединений распределенных блоков.

6. По заданным входным сигналам определяются выходные сигналы.

7. По разработанным алгоритмам составлены программные модули для расчета динамических процессов системы автоматического регулирования уровней воды.

Соблюдая эту последовательность, составляем структурное представление системы регулирования по верхнему бьефу.

Составление структурной схемы. При структурном подходе к моделированию рассматриваемой системы ее следует расчленить на две части:

- система с распределенными параметрами, описываемая уравнениями Сен-Венана с известными начальными и граничными условиями в [6];

- сосредоточенная система, представляющая собою звено с коэффициентом передачи K . Такое расчленение удобно, т.к. уже имеется дискретное представление соответствующего распределенного блока [6].

Рассматривая выражение $W(t_k)[z(b, t_{k+1}) - z_0(b)] - h^*(t) + g_1(t)$ как новое граничное воздействие на объект, приложенное в точке $x=l$, найдем выражение для вектора

$$w_N^{k+1} = \{w_{1N}^{k+1}, w_{2N}^{k+1}\}:$$

$$w_{1N}^{k+1} = s_{11}^k Q_N^k + s_{11}^k z_N^k - \tau \left[\left(\frac{\partial f_1}{\partial Q} \right)_N^k Q_N^k + \left(\frac{\partial f_1}{\partial z} \right)_N^k z_N^k \right] + \tau f_1^{k+1}, \quad (12)$$

$$w_{2N}^{k+1} = W(t_k)[z(b, t_{k+1}) - z_0(b)] - h^{*k+1} + g_2^{k+1}$$

или

$$w_{1N}^{k+1} = s_{11}^k Q_N^k + s_{11}^k z_N^k - \tau \left[\left(\frac{\partial f_1}{\partial Q} \right)_N^k Q_N^k + \left(\frac{\partial f_1}{\partial z} \right)_N^k z_N^k \right] + \tau f_1^{k+1}, \quad (13)$$

$$w_{2N}^{k+1} = W^k [\delta_{ri} (z_i^{k+1} - z_{0i}) - h^{*k+1}] + g_2^{k+1},$$

где δ_{ri} – символ Кронеккера, r – номер ближайшего к точке a узла пространственной сетки; a_{nm} – параметры объекта; Q_{ni}^{k+1} ($n=1,2; i=1,\dots,N$) – дискретное значение функции состояния распределенного объекта, соответствующее n -му выходу в i -й пространственной точке на $k+1$ -ом временном слое; f_{mi}^{k+1} ($m=1,2; i=1,\dots,N$) – дискретное значение внешнего распределенного воздействия, приложенного к m -му входу системы в i -й точке пространства на $k+1$ -м временном слое.

В случае ПИД регулятора выражение для W^k имеет вид

$$W^k = k (P^k + I^k + D^k) \quad (14)$$

Учитывая выражение (14) и структурную схему объекта [6], строим структурную схему рассматриваемой системы (рис. 3). Полученная структурная схема позволяет определить формулы для элементов матрицы G^l дискретного представления системы.

Преобразование структурной схемы (пункт – 4). Найдем выражение для элементов G_{21}^{lk} матрицы дискретного представления канала структурной схемы от первого входного сигнала w_{1j}^{k+1} ко второму выходному сигналу z_i^{k+1} . Структурная схема части системы, связывающей первый

входной сигнал со вторым выходным сигналом при $h^*=0$, изображена на рис. 3 б. В нее входят блоки, описываемые матрицами G_{21}^k , G_{12}^k и V^k . Элементы матрицы V^k находятся следующим образом:

$$V_{ji}^k = \delta_{j1} W^k \delta_{ri} \quad (i, j = 1, \dots, N). \quad (15)$$

Далее необходимо, используя формулы преобразования соединений дискретно представленных распределенных блоков, последовательно преобразовать структурную схему, показанную на рис. 3 б, до получения структурной схемы, состоящей из одного блока.

Порядок преобразования структурной схемы показан на рис. 3 б-з. Последовательное соединение блоков (рис. 3 б), описываемых матрицами с элементами G_{22ij}^k и V_{ji}^k , заменено одним блоком (рис. 3 в), описываемым матрицей с элементами V_{ij}^{1k} , которые определяются по формуле

$$V_{ij}^{1k} = G_{22il}^k V_{lj}^k = G_{22il}^k \delta_{l1} W^k \delta_{rj} = G_{22il}^k W^k \delta_{rj} \quad (i, j = 1, \dots, N). \quad (16)$$

Блок, описываемый матрицей V^{2k} (рис. 3 з), заменяет соединение блоков, показанных пунктиром на рис. 3 в.

Формула для элементов этой матрицы имеет вид

$$V_{tj}^{2k} = \delta_{ij} + \frac{W^k G_{22il}^k \delta_{rj}}{1 - W^k G_{22r1}^k} \quad (i, j = 1, \dots, N). \quad (17)$$

Наконец, элементы матрицы G_{21}^k определяются на рис. 3 з по формуле (17)

$$G_{21ij}^{1k} = \left[\delta_{il} + \frac{W^k G_{22il}^k \delta_{rj}}{1 - W^k G_{22r1}^k} \right] G_{21lj}^k = G_{21ij}^k + \frac{G_{22il}^k W^k G_{21rj}^k}{1 - W^k G_{22r1}^k} \quad (i, j = 1, \dots, N). \quad (18)$$

Аналогичным образом находятся формулы для вычисления элементов матриц дискретного определения остальных каналов структурной схемы (рис. 3 а):

$$G_{11ij}^{1k} = G_{11ij}^k + \frac{G_{12il}^k W^k G_{21rj}^k}{1 - W^k G_{22r1}^k}; \quad (19)$$

$$G_{12ij}^{1k} = G_{12ij}^k + \frac{G_{12il}^k W^k G_{22rj}^k}{1 - W^k G_{22r1}^k}; \quad (20)$$

$$G_{22ij}^{1k} = G_{22ij}^k + \frac{G_{22il}^k W^k G_{22rj}^k}{1 - W^k G_{22r1}^k}; \quad (i, j = 1, \dots, N). \quad (21)$$

Вычисление выходного сигнала (пункт-5). Далее с помощью (18)-(21) вычисляются дискретные значения выходного сигнала при заданных дискретных значениях обобщенных входных сигналов:

$$Q_i^{k+1} = G_{11ij}^{1k} W_{ij}^{k+1} + G_{12ij}^{1k} W_{2j}^{k+1}, \quad (22)$$

$$z_i^{k+1} = G_{21ij}^{1k} W_{ij}^{k+1} + G_{22ij}^{1k} W_{2j}^{k+1}, \quad (i = 1, \dots, N; \quad k = 0, 1, \dots). \quad (23)$$

По разработанным алгоритмам составлены программные модули для расчета динамических процессов системы автоматического регулирования уровней воды.

На основе разработанных алгоритмов и программных модулей были смоделированы системы регулирования на водохозяйственном объекте.

Параметры участка канала, выбранные для моделирования, следующие:

$$\begin{array}{ll} Q_0 = 90 \text{ м}^3/\text{с} & h_0 = 3 \text{ м} \\ b_0 = 12 \text{ м} & g = 9.8 \text{ м}^2/\text{с} \\ y = 1/5 & m = 1.5 \\ l = 2500 \text{ м} & I = 0.00004 \end{array}$$

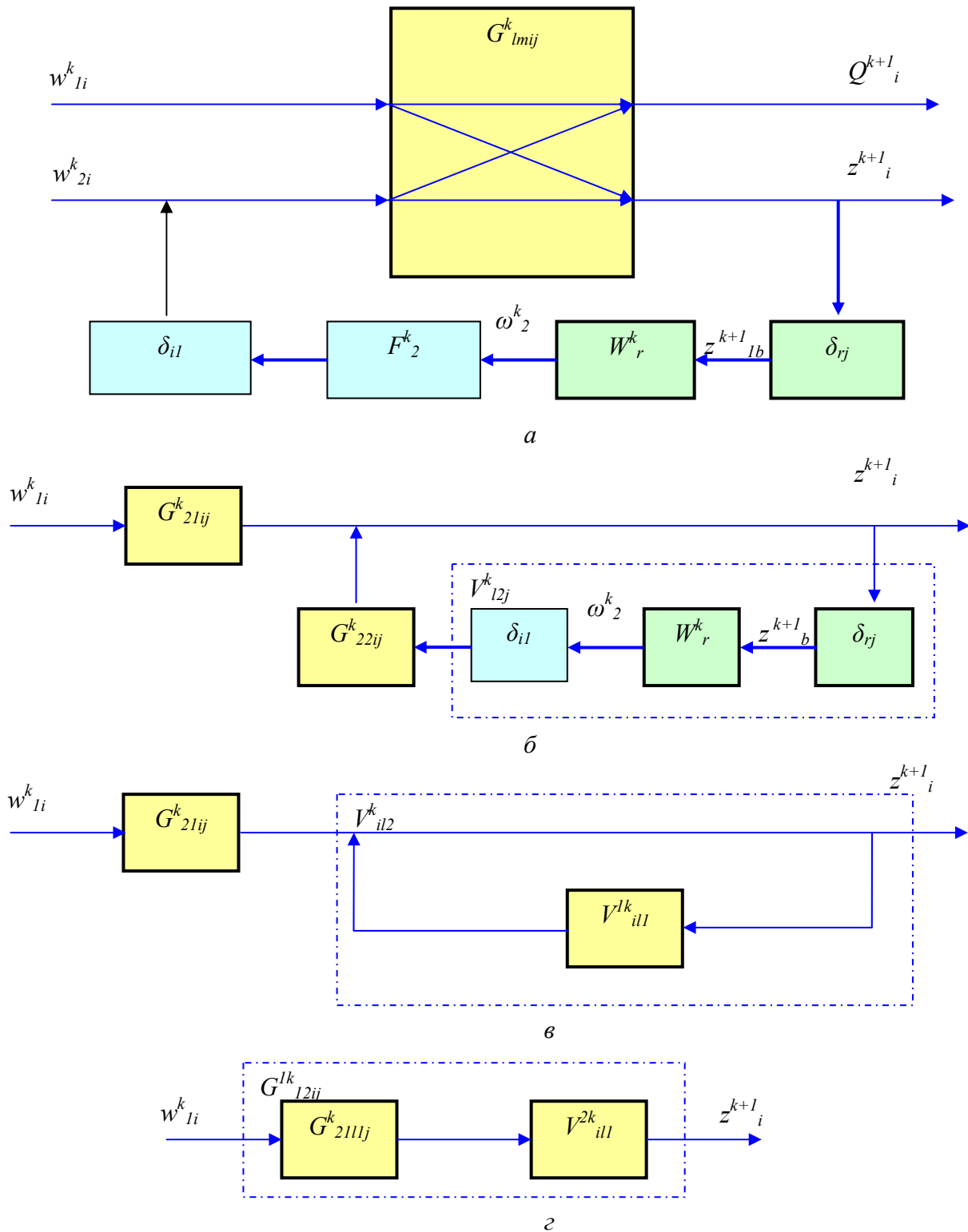


Рис. 3 – Дискретное представление системы регулирования верхнего бьефа на участке канала

Были смоделированы системы регулирования верхнего бьефа с дискретным ПИД регулятором. Дискретный ПИД регулятор реализован по рассмотренному выше алгоритму.

Качество процесса регулирования оценивались по критерию среднеквадратичного отклонения ошибки регулирования

$$I_0 = \frac{1}{T} \int_0^T \theta^2(\tau) d\tau, \quad (24)$$

где T – время, соответствующее переходному процессу на канале.

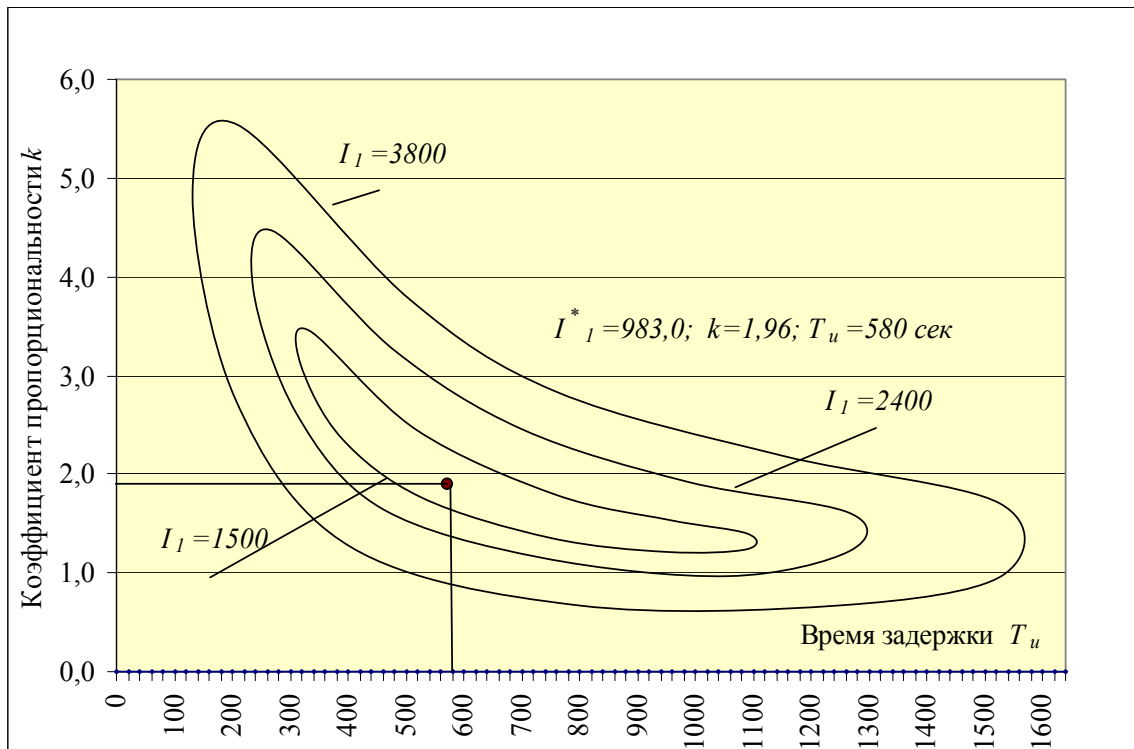


Рис. 4 – Область критерия качества переходного процесса

На основе моделирования выбирались параметры регулятора коэффициента усиления регулятора k и время задержки регулятора T_u . Время задержки - это время ожидания регулятора для подачи сигнала управления. Были построены области изменения критерия по этим параметрам. Эта область показана на рис. 4, в зависимости от параметров k и T_u .

Область определения параметров регулятора позволяет определить параметры системы регулирования близкие к оптимальному значению.

На рис. 5 приведены изменения уровня воды на участке канала с системой регулирования уровня воды верхнего бьефа при увеличении уставки регулятора уровня воды на 1,0 м со следующими параметрами регулятора $k=1,0$; $T_u=600$ с и $k=1,96$; $T_u=580$ с, соответственно. Из рисунка видно, что увеличенная уставка уровня воды регулятора верхнего бьефа обрабатывается регулятором в течении $t = 12000$ с при регуляторе с параметрами $k=1,0$; $T_u=600$ с; переходный процесс при этом имеет характер перерегулирования, а для регулятора уровня воды с параметрами $k=1,96$; $T_u=580$ с переходный процесс близок к оптимальному, в течение времени $t = 6000$ с процесс устанавливается.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема разработки принципов построения современных систем автоматизации, сбора и обработки данных с учетом топологии водохозяйственных систем и особенностей участков канала и гидротехнических сооружений, а также их математических моделей, алгоритмов управления, позволяющих снизить непроизводительные потери водных ресурсов, в настоящее время очень важна.

Развитие современных технических средств автоматизации и информационных технологий (программируемые контроллеры с модулями ввода и вывода) позволяет в настоящее время разработать системы автоматизации, сбора и обработки данных водохозяйственных систем, позволяющих решить такие задачи, как моделирование и оптимизация режима работы водохозяйственных объектов.

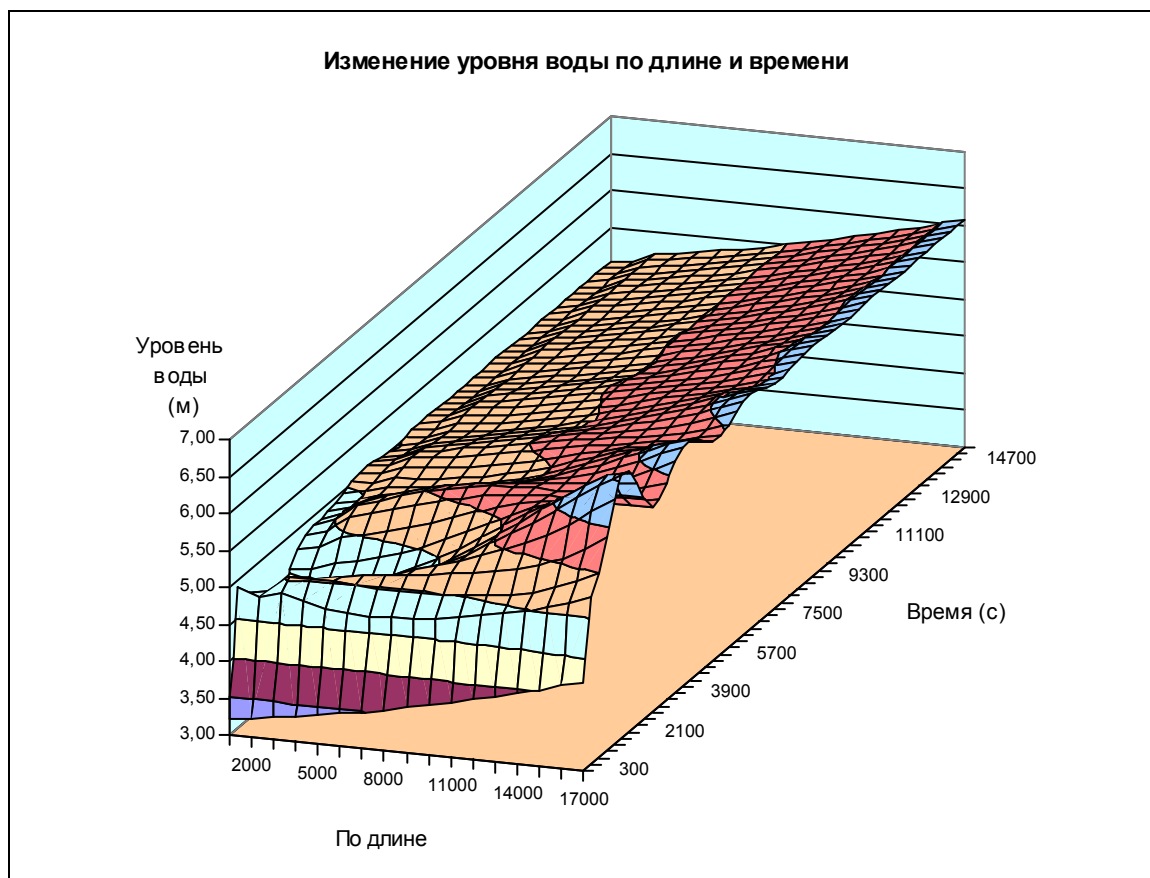


Рис. 5 - Изменение уровня воды на участке канала с системой регулирования уровня воды верхнего бьефа

Использование в практике проектирования и эксплуатации водохозяйственных организаций разработанных принципов построения, перечень технических средств системы автоматизации, сбора и обработки данных, математических моделей, алгоритмов расчета систем автоматического регулирования водохозяйственных объектов позволяет:

- обоснованно выбрать системы автоматизации, сбора и обработки данных и их технические средства;
- на этапе проектирования выбрать системы автоматического регулирования на ирригационных системах и выбрать оптимальные параметры системы;
- уменьшить непроизводительные потери водных ресурсов на водохозяйственных объектах.

При оперативном управлении водохозяйственными объектами система автоматизации, сбора и обработки данных обеспечит повышение надежности своевременной доставки необходимых объемов воды до сооружений, т.е. обеспечит повышение водообеспеченности потребителей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ганкин М.З. Автоматизация и телемеханизация гидромелиоративных систем. - М.: Колос, 1977. – 344 с.
2. Вопросы комплексной автоматизации мелиоративных систем / ВНПО «Союзводоавтоматика» Минводхоза СССР. – М., 1975. - Вып.6. – 232 с.
3. Маковский Э.Э. Автоматизация гидротехнических сооружений в системах каскадного регулирования. - Фрунзе: Илим, 1972. – 302 с.
4. Рожнов В.А., Тюменев Р.М. Электрические системы стабилизации уровней воды в каналах. – Фрунзе: Илим, 1982. – 199 с.
5. Рахимов Ш.Х., Бегимов И., Исаков М. Совершенствование диспетчерских режимов эксплуатации каскадов крупных насосных станций с водохранилищами сезонного регулирования. - Наманган, 1995. – 119 с.
6. Климов В.Е. Оптимальный режим работы насосных станций, оснащенных осевыми

насосами // Гидротехника и мелиорация. – 1970. - № 11. - С. 30-35.

7. Бегимов И. К анализу систем автоматического регулирования уровня воды в ирригационных каналах // Автоматика и телемеханика. – 1981. - № 9. - С. 5-13.

8. Принципы создания систем автоматизации, сбора и обработки данных водохозяйственных систем и их математических моделей, алгоритмов управления, позволяющих снизить непроизводительных потерь водных ресурсов: Отчет о НИР / САНИИРИ; отв. исп. Бегимов И. - Ташкент, 2006 – 101 с.

9. Бегимов И., Бутковский А.Г., Рожанский В.А. Структурное представление физически неоднородных систем // Автоматика и телемеханика. – 1982. - № 5. - С. 25-35.

10. Бегимов И., Бутковский А.Г., Рожанский В.А. Моделирование сложных распределенных систем на основе структурной теории. Ч. 1 // Автоматика и телемеханика. – 1981. - № 11. – С. 168-181.

11. Бегимов И., Бутковский А.Г., Рожанский В.А. Моделирование сложных распределенных систем на основе структурной теории. Ч. II. // Автоматика и телемеханика. – 1981. - № 12. - С. 138-153.

УДК 532.5

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОТОКА ДИСПЕРСНОЙ СМЕСИ

Г.А. Бекмамадова, С.И. Худайкулов
(НИИИВП при ТИИМ)

Ушбу мақолада цилиндрик қувур деворидаги оқим чуқурлиги ва утиши зонаси чуқурлигининг Рейнольдс сонига боғлиқлиги кўрсатилади.

In clause dependence of thickness a layer and thickness of a transitive zone from Reynolds's number is resulted.

В статье приводится зависимость толщины пристенного слоя и толщины переходной зоны от числа Рейнольдса.

В гидротехнике часто встречается поток дисперсной смеси, состоящей из газозвеси, смеси жидкости с пузырьками воздуха, воздушно-капельные смеси, газо-воздушной смеси, а также взвешенных наносов в каналах, реках и трубах. Исследование механизма движения потока дисперсной смеси позволяет установить закономерности изменения гидравлических параметров потока. Наличие другой фазы в потоке, обладающей соответствующими механическими и физическими свойствами, существенно влияет на режим движения транспортирующего потока с турбулентными возмущениями [1], [2]. При этом основную роль играет взаимодействие фаз и моноперенос в потоке смеси. Применение модели смеси многофазных сред позволяет установить закономерности процессов взаимодействия и взаимопроникновения в транспортирующем потоке в каналах, реках и напорных трубах [3].

В работе [4] получено уравнение Бернулли для неустановившегося движения дисперсной смеси, где установлены основные динамические характеристики потери напора по длине и инерционного напора дисперсной смеси.

В работе [5] рассмотрен напорный поток смеси в напорных трубах при ламинарном и турбулентном режиме движения. Определены внутренние гидравлические параметры гидравлического сопротивления при наличии взвешенных наносов и других взвесей. Экспериментальные результаты показывают, что течение в трубе состоит из трех слоев: ламинарный слой (пристенное течение при $r^* < r < R$, где R – радиус трубы), ламинарно-турбулентный слой при $r_0 < r < r^*$ и ядро потока, являющееся турбулентным потоком, при $0 < r < r_0$, [1], [2],[5]. Работа [5] посвящена исследованию динамики потока трехслойной модели режима течения, каждый из слоев состоит из двухфазной дисперсной смеси.

Определены поле скоростей, границы раздела слоев, расход смеси:

а) в ламинарном слое, при $r^* < r < R$:

$$\begin{aligned}
 V_1 &= \frac{\beta}{f_1 v_1 \rho + f_2 v_2} \cdot \frac{R^2}{4 \rho_{1i}} \rho_{cm} \cdot g \cdot J_0 \cdot (1 + \eta) f_1 (1 - \epsilon^2) \\
 V_2 &= \frac{v_1}{v_2} \frac{\beta}{f_1 v_1 \rho + f_2 v_2} \cdot \frac{R^2}{4 \rho_{2i}} \rho_{cm} \cdot g \cdot 0 \cdot (1 + \eta) f_2 (1 - \epsilon^2)
 \end{aligned} \tag{1}$$

Где $\eta = \frac{y-1}{I_0(\sqrt{k_1})}$, $k_1 = \frac{kRz}{\rho_{1i} f_2 v_2}$, $y = \beta \frac{v_2}{v_1}$, $\beta = \frac{\rho_{1i}}{\rho_{2i}}$

Здесь ρ_{1i}, ρ_{2i} - истинные плотности смеси;

f_1, f_2 - объемные концентрации смеси;

k - коэффициент силы взаимодействия фаз;

$I_0(\sqrt{k_1})$ - Бесселева функция, J_0 - гидравлический уклон.

б) в слое с ламинарно-турбулентным режимом $r^* < r < r_0$:

$$\epsilon_{cm} = \epsilon_c(\epsilon_0) + \frac{1}{\text{Re} \cdot k_0} \int_{\epsilon_0}^{\epsilon} \left[\frac{1 + \sqrt{1 + \frac{J_0}{Fr} \cdot \text{Re}^2 k_0 (1 - \epsilon) \cdot \epsilon^2}}{2\epsilon \cdot (1 - \epsilon)} \right] ds$$

$$\text{Re} = \frac{V_{cm}^R}{v_1}, \quad Fr = \frac{V_{cm}^2}{g^R} \quad \text{- числа Рейнольдса и Фруда}$$

$$k_0 = k \cdot F, \quad \text{где } F = \sqrt{\frac{1 + \frac{f_2}{f_1} \beta \frac{V_2^2}{V_1^2}}{1 + \frac{f_2}{f_1} \beta \frac{Q_2^2}{Q_1^2}}}$$

с) в сильно турбулентной области: где для длины пути перемешивания принята модель Саткевича [1] :

$$\epsilon_{cm} = \epsilon_{cm}(\epsilon_0) + \ln \frac{1 - \epsilon_0}{1 - \epsilon} + \frac{J_0}{Fr} \left(\frac{\epsilon^2 - \epsilon_0^2}{2} - \frac{\epsilon^3 - \epsilon_0^3}{3} \right) \tag{3}$$

Расходы определяются из равенств:

$$Q_{л.м} = \int_{\epsilon_0}^{\epsilon^*} 2\pi V_{cm} \epsilon d\epsilon,$$

$$\text{и } Q_m = \int_0^{\epsilon} 2\pi V_{cm} \epsilon d\epsilon \tag{4}$$

Общий объемный расход дисперсной смеси определяется равенством:

$$Q_{cm} = Q_l + Q_{л.м.} + Q_m$$

Из условия равенства скорости на границе раздела ламинарного и ламинарно-турбулентного слоя потока дисперсной смеси получим уравнение для радиуса r^* - цилиндрической поверхности раздела слоев:

$$\epsilon^* = \frac{2(1 + A_0 \frac{\epsilon_0}{1 - \epsilon_0})}{A_0 + \sqrt{A_0^2 + 4(1 + A_0)(1 + A_0 \frac{\epsilon_0}{1 - \epsilon_0})}}$$

$$\text{Где } A_0 = \frac{8Fr}{JRe} \left[\frac{1}{2k_0} \sqrt{\frac{J}{Fr}} - 1 \right]$$

Расчет проведен при $\epsilon_0 = 0,75, J_0 = 0,01$ при различных значениях чисел Фруда и Рейнольдса.

Таблица 1 - Изменение толщины ламинарного слоя

| Fr \ Re | 100 | 200 | 300 | 10 ⁵ |
|---------|--------|--------|--------|-----------------|
| 1 | 0,1782 | 0,1872 | 0,1985 | 0,191 |
| 2 | 0,14 | 0,136 | 0,134 | 0,133 |
| 3 | 0,093 | 0,093 | 0,0935 | 0,0947 |

Таблица 2 - Изменение толщины переходного слоя

| Re \ Fr | 100 | 200 | 300 | 10 ⁵ |
|---------|--------|--------|-------|-----------------|
| 1 | 0,0718 | 0,0628 | 0,06 | 0,059 |
| 2 | 0,11 | 0,117 | 0,115 | 0,115 |
| 3 | 0,157 | 0,157 | 0,106 | 0,105 |

Расчеты показывают, что с увеличением числа Рейнольдса толщина пристенного слоя увеличивается на 6,8 %, а максимальная толщина составляет 17,8 % радиуса трубы, а толщина переходной зоны от ламинарной к турбулентной мала и составляет максимум 10 %. С увеличением числа Фруда она увеличивается, а толщина ламинарного слоя уменьшается.

На основе численного расчета можно установить, что переходная зона занимает 1,2 % общей площади поперечного сечения и наличием этого слоя можно пренебречь. Это подтверждается многочисленными результатами экспериментальных исследований, проведенных для однофазного потока [1].

Потеря напора по длине определяется равенством:

$$h_{cm} = \frac{\lambda}{4R} \frac{V_{cm}^2}{2g} = h_{от} (1 + y \frac{f_2}{f_1}) (1 + \epsilon \frac{V_2^2}{V_1^2})$$

Коэффициент гидравлического трения определяется равенством:

$$\lambda = \frac{64}{Re_{cm}}$$

$$Re_{cm} = \frac{V_{cm} R}{\nu_{cm}} = Re_1 \frac{(1 + \epsilon \frac{V_2^2}{V_1^2}) V_1}{(1 + y \frac{f_2}{f_1})}$$

ЛИТЕРАТУРА:

1. Хамидов А.А., Худайкулов С.И. Теория струй многофазных вязких жидкостей. – Ташкент: Фан, 2003.
2. Латипов К.Ш., Арифжанов А.М. Вопросы движения взвесенесущего потока в открытых руслах. – Ташкент: Мехнат, 1994.
3. Арифжанов А.М., Латипов И.К. Исследование распределения взвешенных частиц в потоке жидкости // Проблемы механики. – 1996 - № 1-2. - С. 45-49.

ДИАГНОСТИКА РАБОТЫ КРУПНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ НАСОСОВ

*Ф.А. Бекчанов, Р.Р. Эргашев, О.Р. Очиллов, Н.Р. Насырова
(НИИИВП при ТИИМ)*

Мақолада йирик вертикал насослар учун техник тасхиси ва хизмат кўрсатиши усуллари ва улардан фойдаланишида ишончлилигини таъминлаш кўриляпти.

Насос – кучланиши мосламаларининг янги конструкцияларидан фойдаланиши ва эксплуатациянинг янги режимларини ишлаб чиқишида насослар режимларини такомиллаштириши назарда тутилади, бу эса маълум даражада тежашни беради.

In article are considered methods of the service and technical diagnostics large vertical pump for provision of reliability under their usages.

Use new design pumping-power equipment and development new mode to usages provides the improvement of the mode pump that gives significant spare.

В статье рассматриваются методы обслуживания и техническая диагностика крупных вертикальных насосов для обеспечения надежности при их эксплуатации.

Использование новых конструкций насосно-силового оборудования и разработка новых режимов эксплуатации предусматривает совершенствование режима насосов, что дает значительную экономию.

Надежность, как свойство сохранять свою работоспособность в течение требуемого промежутка времени, может рассматриваться при непрерывной работе оборудования с течением времени и с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонта [1, 2].

Для обеспечения надежности при эксплуатации рассматриваются методы обслуживания и техническая диагностика. На надежность оказывают влияние все технологические процессы и их режимы, начиная от гидравлических процессов и кончая операциями сборки деталей и узлов насоса. Современные технологические процессы эксплуатации насосных станций (НС) сопровождаются, как правило, значительными силовыми и температурными воздействиями при высоких требованиях к динамике процесса.

Авторами для гидравлически благоприятного режима насосов предложены новые конструкции водоприемника, всасывающих труб, установка сороудерживающей решетки во всасывающей трубе, резко улучшающих условия эксплуатации основных гидротехнических элементов, сопрягающихся с насосным агрегатом (НА). Использование новых конструкций насосно-силового оборудования и разработка новых энергосберегающих режимов эксплуатации НС-1 Каршинского магистрального канала (КМК) предусматривают совершенствование режима сопрягающих сооружений НС, что дает значительную экономию [1, 2].

Поэтому для реализации задач ресурсосбережения необходимо использовать созданные оригинальные (на уровне изобретений) конструкции на НС с меньшим поступлением плавника, взвешенных и донных наносов, выявление и устранение причин перерасхода электроэнергии из-за неблагоприятных режимов работы НС.

Допустимые показатели вибрации для насосов ОПВ11–260 и 300ВО–37/26Ц предполагалось оформить после завершения периода их опытной эксплуатации [1].

Такие нормы до сих пор отсутствуют, и для контроля вибрационного состояния агрегатов применены критерии оценки, изложенные в общетехнических межгосударственных стандартах 10816-1-97 и 10816–3–2002 «Вибрация. Контроль состояния НА по результатам измерения вибрации на невращающихся частях», где в качестве нормируемого параметра общего уровня вибрации устанавливается среднеквадратичное значение виброперемещения в рабочей полосе частот 2-1000 Гц при стационарной работе насоса.

Для измерения общего уровня виброскорости в полосе частот 2-1000 Гц и спектрального анализа применялся Виброанализатор СД-12М, имеющий следующие основные технические характеристики: частотный диапазон при максимальной неравномерности АХЧ +0,5дБ 0,5-25600 Гц; параметры вибрации: виброперемещение, виброскорость, виброускорение, пик-фактор; полоса частот по ИСО 10816-3-2002: 2-1000, 10-1000, 10-2000 Гц.

С точки зрения вибрационной прочности в агрегатах наиболее опасны колебания периодического характера, которые являются следствием механических, электромагнитных и гидравлических процессов с явно выраженными дискретными составляющими. Подобные опасные колебания, в основном, являются сильными диагностическими сигналами (т.е., хорошо выделяются на фоне вибрационных помех).

В насосе вибрации гидравлической природы проявляются на лопастной частоте, пропорциональной количеству лопастей рабочего колеса (РК). Для нового насоса 300ВО-37/26Ц их шесть, и лопастная частота равна:

$$f_n = 6 \times f_0 = 25,0 \text{ Гц}$$

Насос ОПВ11–260 имеет 4 лопасти, и лопастная частота равна:

$$f_n = 4 \times f_0 = 16,67 \text{ Гц}$$

Выправляющий аппарат на выходе из РК возбуждает колебания с частотой, пропорциональной количеству собственных лопастей:

$$f_a = f_0 * 12 = 50 \text{ Гц},$$

Причины вибрационной активности вертикального НА по происхождению подразделяются на механические, гидравлические и электрические, в том числе по основным узлам [2].

Причиной неоднородности потока является несимметричное обтекание вращающихся лопастей при образовании водоворотных зон [1]. Неоднородность потока приводит к появлению на камере РК вибрации на лопастной частоте f_n и её высших гармониках.

Для изношенных сферических камер и РК при отсутствии технологических возможностей токарной обработки преобладает комбинация указанных выше причин.

На вертикальных агрегатах, в которых электромагнитные и гидродинамические радиальные силы в идеале уравновешены, зазоры в подшипниках скольжения возрастают в случаях, когда имеются другие дефекты, например дисбаланс или расцентровка валов. Эти дефекты возбуждают вибрацию, которая должна привести к обкатыванию вала по окружности подшипника. То есть имеется внешняя сила, которая в определенные фазы вращения будет прижимать вал к вкладышу подшипника, или хотя бы на какую-то долю времени разгружать подшипник, вызывая нарушения «масляного клина».

Скорость износа подшипников зависит от величины дополнительного дефекта и увеличивается в присутствии абразива в смазке.

На камере РК второго нового насоса (НА № 3) зарегистрирована максимальная среди насосов обоих типов амплитуда вибрации – $17,9 \text{ м/с}^2$ на частоте $989,8 \text{ Гц}$ в вертикальном направлении (см. табл.), которая может быть связана с повышенной механической вибрацией РК на низких частотах (см. рис.).

Подобная картина наблюдалась при обследовании НС–1 в 2012 г., когда на НА № 4, при размахе перемещения на оборотной и лопастной частоте в $32\text{-}42 \text{ мкм}$, значение пикового виброускорения составило $22,1 \text{ м/с}^2$.

На камере РК насосов основным источником повышенной вибрации является гидродинамический дисбаланс и неоднородность потока в РК. Природа этих двух дефектов одна - неравномерный зазор между лопастями и камерой, различия по шагу и углу между лопастями, по длине и толщине, или при их эксплуатационном неравномерном износе, а вибрационное проявление различное.

Рост вибрации на лопастной частоте в её высших гармониках указывает на неравномерность поля скоростей и давлений в потоке между лопастями РК.

Такой дефект, как следствие деградиационного изменения профиля лопастей, присутствует на РК НА № 4 (32 мкм) и НА № 5 (50 мкм) НС–1 (см. табл.).

Гидродинамический дисбаланс, как несимметричность сил, действующих на лопасти колёс, приводит к росту вибрации на оборотной частоте и первых трёх гармониках в зависимости от формы нарушения симметрии.

Так как все лопасти уже заварены, исправить влияние некоторой неравномерности углов наклона лопастей на гидродинамическую неуравновешенность колёс и потока в них не представляется возможным.

Гидравлический дисбаланс присутствует и на двух из трёх новых насосах 300ВО-37/26Ц, где и лопасти новые и камеры цилиндрические.

На НА № 1 максимальный размах превышает $32\text{-}41 \text{ мкм}$ и там же, на НА № 6, размах поднимается до $42\text{-}53 \text{ мкм}$, что свидетельствует о неблагоприятных режимах подвода воды крайних НА.

Таблица - Характеристика вибрационного состояния насосных агрегатов НС - 1 КМК

| номер НА | Наработка, час | | | | Уровень воды нижнего бьефа, м | Вибрационное состояние | | | | | | | |
|----------|-------------------------------|---------------------------|----------------|-----|----------------------------------|------------------------|---|--|---|---|---|----------------------------------|---|
| | после капитального ремонта | после текущего ремонта | В том числе | | | Общий уровень вибрации | | Верхний направляющий подшипник (ВНП) | | Нижний направляющий подшипник (ННП) | | Камера рабочего колеса | |
| | | | ВНП | ННП | | мкм | Максимальный размах/ частота, мкм/Герц | Общий уровень мкм | Максимальн ый размах/ частота, мкм/Герц | Общи й уровен ь, мкм | Максимальн ый размах/ частота, мкм/Герц | Общи й уровен ь, мкм | Максимальный размах/ частота, мкм/Герц |
| 1 | | 4187 | 4187 | 400 | 3,55 | 32 | 35/4,17 (рад) | 19 | 2/4,17 (рад) | 18 | 3/4,17 (рад) | 56 | 8/4,17 (верт) |
| 2 | 263 | | 263 | 263 | 3,80 | 22 | 31/4,17 (рад) | 11 | 8/4,17 (рад) | 12 | 3/4,17 (рад) | 40 | 28/8,34 (рад) |
| 3 | | 4750 | 1537 | 431 | 3,55 | 21 | 32/4,17 (рад) | 12 | 12/4,17 (рад) | 10 | 3/4,17 (рад) | 58 | 53/4,17 (верт) |
| 4 | 2 | | 2 | 2 | 3,60 | 9 | 3/16,68 (рад) | 9 | 4/4,17 (рад) | 7 | 2/4,17 (рад) | 49 | 32/16,68 (рад) |
| 5 | | 5311 | 1165 | 385 | 3,55 | 26 | 45/4,17 (рад) | 12 | 3/4,17 (рад) | 9 | 3/4,17 (рад) | 46 | 50/16,68 (рад) |
| 6 | 4769 | | 4769 | 11 | 3,55 | 42 | 78/4,17 (рад) | 19 | 2/4,17 (рад) | 19 | 3/4,17 (рад) | 57 | 25/8,34 (рад) |

Заключение

Общий уровень вибрации

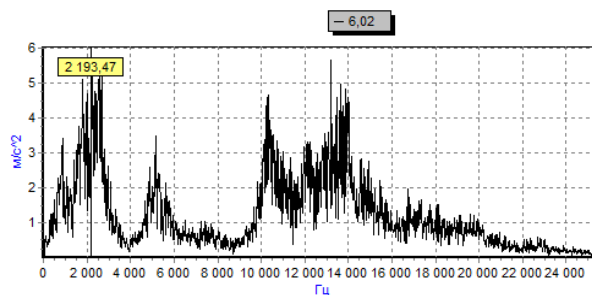
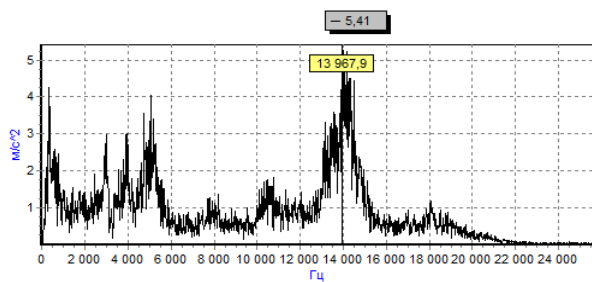
Источники повышенной вибрации

| | | |
|------|-----------------------|--|
| НА 1 | «удовлетворительно» | износ верхнего подшипника электродвигателя |
| НА 2 | «хорошо» | |
| НА 3 | «удовлетворительно» | частичный механический и гидравлический дисбаланс РК |
| НА 4 | «удовлетворительно» | неоднородность потока в рабочем колесе |
| НА 5 | «удовлетворительно» | неоднородность потока в рабочем колесе |
| НА 6 | «неудовлетворительно» | износ верхнего подшипника электродвигателя и гидравлический дисбаланс РК |

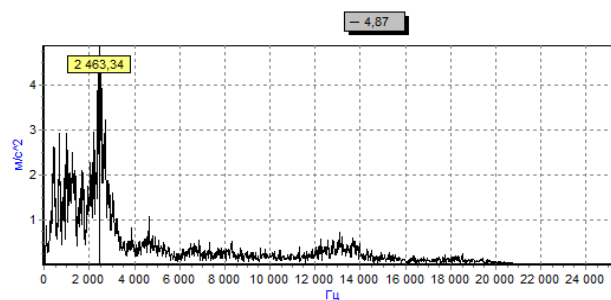
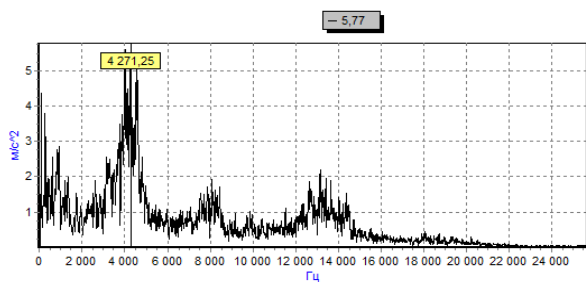
Радиальное направление

Вертикальное направление

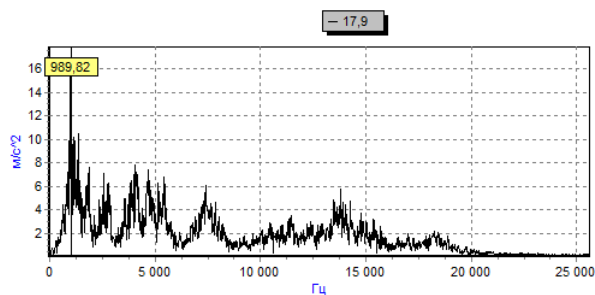
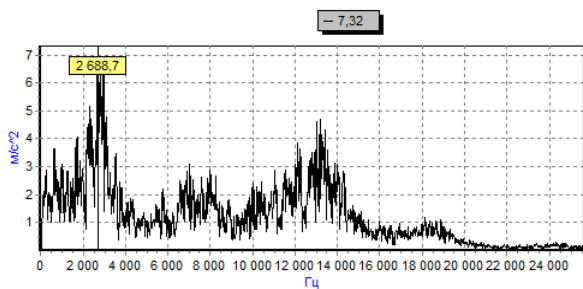
НА № 1



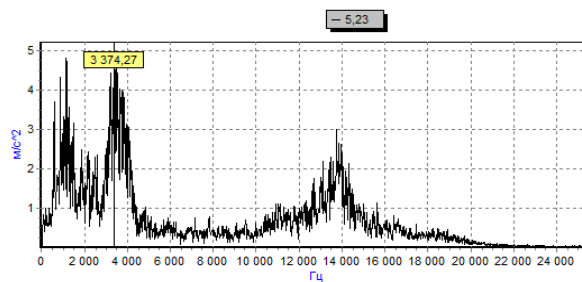
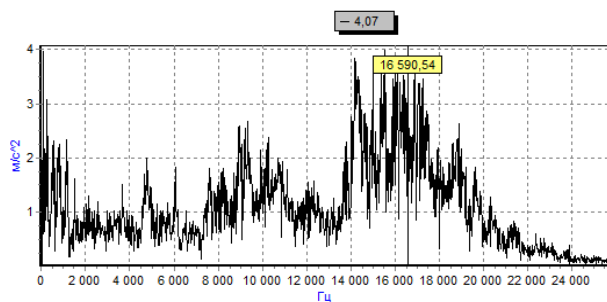
НА № 2



НА № 3



НА № 4



НА № 5

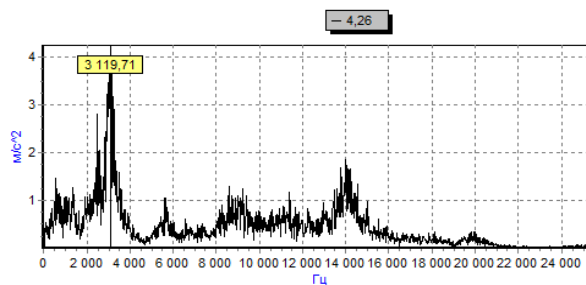
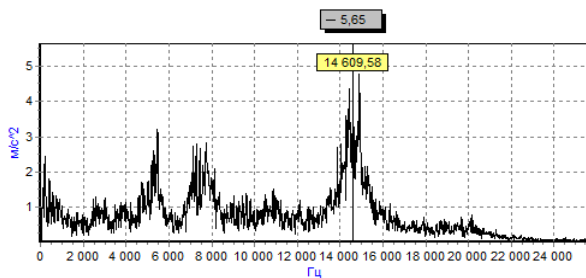


Рис. - Спектр амплитуды виброускорения на камере РК насосов НС - 1, m/s^2

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гловацкий О.Я., Эргашев Р.Р., Бекчанов Ф.А., Холматов Х.Х. Динамика изменения

характеристик основного оборудования систем машинного водоподъема // Материалы Респ. научно-практ. конф. «Актуальные проблемы водного хозяйства и мелиорации орошаемых земель» - Ташкент, 2011. - С. 138-141.

2. Glovatsky O.Ya., Ergashev R.R. Reliability assessment and measures for resources-saving on water lifting engine systems in the republic of Uzbekistan // Perspectives of Innovations, Economics and Business. – Prague, 2010. – Vol. 4, Issue 1. - P. 111-113.

УДК. 626.814

СУВ ОМБОРЛАРИ ҚИРҒОҚЛАРИНИНГ СУВ ТАЪСИРИДА ШАКЛЛАНИШИ

Ф.А. Гаппаров, Ж.Ж. Нарзиев, Д.С. Аджимуратов Д.В. Назаралиев
(ТИМИ қошидаги ИСМИТИ, ТИМИ)

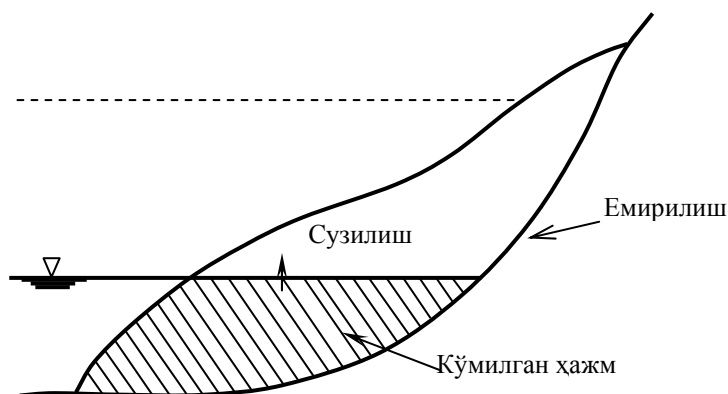
Республикамиздаги сув омборлари қирғоқларининг сув таъсирида шаклланиш жараёнлари ўрганилган ва математик ҳисоблари келтирилган.

Studied processing of coast of water reservoirs of Republic Uzbekistan are studied and reduction their mathematical calculations.

Изучены процессы переработки берегов водохранилищ Республики Узбекистан и приведены их математические расчеты.

Республикамиздаги мавжуд сув омборларнинг ҳавзаси йилдан-йилга лойқа-чўкиндиларга тўлиб, уларни лойқа босган ҳажми тобора ортиб фойдали ҳажми эса камайиб бормоқда. Натижада сув омборларидан режадагидек фойдаланиш, яъни керакли сувни тўплаш ва уни етказиб беришда ноқулайликларни, сувга бўлган талабни юмшатишда бир мунча муаммоларни келтириб чиқармоқда. Сув омборларини фойдали ҳажмини камайишига, яъни лойқа-чўкиндилар орқали тўлиб боришига асосий сабаблардан бири сув омбори қирғоқларининг ўпирилиши, емирилиши ва уларни силжиши каби ҳолатлар киради. Бу ҳолатлар асосан сув омборини эксплуатация қилишда баъзи бир камчиликларга йўл қўйиш орқали ҳам содир бўлмоқда. Олиб борилган тадқиқотлар натижасига кўра сув омборлари қирғоқларининг шаклланиши куйидаги ҳолатларда содир бўлади:

- сув омбори сатҳининг кескин кўтарилиши;
- сув омбори сатҳининг кескин пасайиши;
- ўпирилган ҳажм таъсири натижасида грунт сувлар сатҳининг кўтарилиши;
- сув билан кўмилган нишабликларда кичик ўпирилишлар.

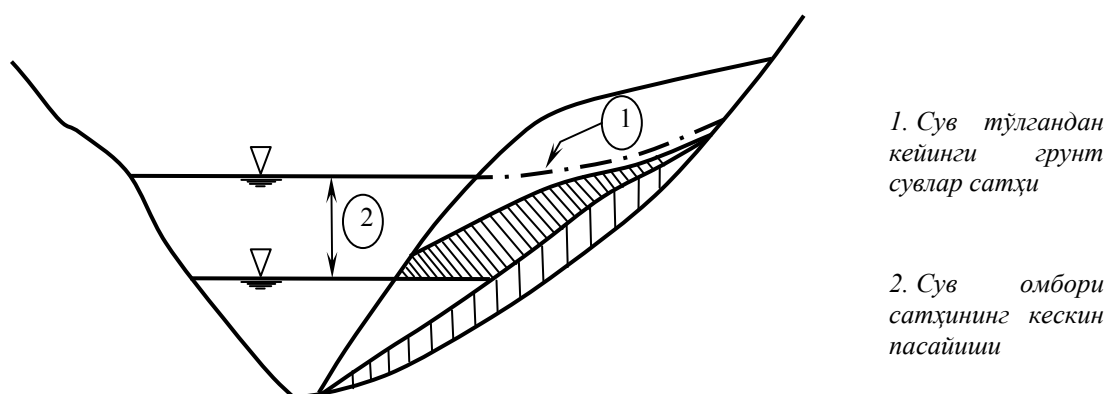


1-расм Сув омбори сатҳининг кескин кўтарилиши натижасидаги қирғоқлар силжиши

Сув омбори сатҳининг кескин кўтарилиши натижасидаги қирғоқлар силжиши асосан сув омборларига келадиган сел-тошқинлар туфайли сув омбори сатҳини кескин кўтарилиб кетиши ва баъзан сув омборидаги сувни тежаш мақсадида юқоридан келадиган катта миқдордаги сувларни сув омборидан ўтказиб юбормасдан уни сув омборида тутиб қолмоқчи бўлиб қилинган ҳаракатлар сабаб содир бўлади (1-расм). Натижада сув омбори қирғоқ грунтларида ўпирилишлар, сув босими таъсири натижасида қирғоқлар юза қисмларининг ювилишлари, юмшоқ грунтларнинг сув босими натижасида емирилиши ва чўкиши каби ҳолатларни келтириб чиқаради. Бунинг оқибатида содир

бўлган барча ҳолатлардаги тупроқ ва бошқа грунт жисмлар сув омбори ҳавзасига келиб ўрнашиб қолади.

Сув омбори сатҳини кескин пасайиши юқорида келтирилган сув омбори сатҳини кескин кўтарилишининг акси бўлиб, унда сув омборидаги сувни кескин равишда тушириб юбориш натижасида содир бўлади (2-расм).



2 расм - Сув омбори сатҳининг кескин пасайиши натижасидаги жараёнлар

Сув омбори сатҳининг кескин пасайтириш, тушириб юбориш натижасида қирғоқ грунт қатламлари орасида сув бўғинининг қолдиқ босими ҳосил бўлади ва унинг таъсири натижасида қирғоқ грунтларининг емирилиши, уларни жойлари ўзгариши туфайли қирғоқларда кўчкилар, ўпирилишлар ҳосил бўлади.

Сув омбори қирғоқларини ўпирилган ҳажми таъсирида сув омбори атрофида ва қирғоқлар грунт сувлар сатҳининг кўтарилиши кузатилади. Бунга асосан сув омборининг мавжуд ҳавзаси тубига ўпирилган грунтлар келиб тушиши натижасида сув туби сатҳининг кўтарилишига сабаб бўлади. Бундай ҳолатлар сув омбори ҳавзаси атрофидаги грунт сувларининг кўтарилиши билан биргаликда сув омбори ҳажмини камайишига ва сув омбори ҳавзасида лойқа-чўкиндилар миқдорининг ортишига олиб келади.

Ҳозирда эксплуатация қилинаётган аксарият сув омборларнинг муаммоларидан бири бу сув омборини сув билан кўмилган қирғоқ нишабликларидида кичик ўпирилишлар, емирилишлар, чўкишлар ва ювилишлар таъсири натижасида ҳосил бўладиган кўмилиш каби ҳолатлардир. Сув омборини сув билан тўлдирганда унинг сув остида бўлган қирғоқлари секин емирилиб, ўпирилиб ёки ювилиб сув омборининг тубига йиғилади, оқибатда ушбу ҳолат сув омборининг мавжуд ҳажмини камайишига олиб келади. Бундай ҳолатлар асосан сув омборининг қирғоқ грунтлари юмшоқ бўлган жойларда жадаллашганини кузатиш мумкин. Сув омборлари қирғоқларини шаклланиши сув омборининг эксплуатациясига салбий таъсир ўтказибгина қолмай бу ҳолат сув омборини атроф-муҳитига, қирғоқларини кенгайишига катта салбий таъсир кўрсатади, натижада сув омборини сув билан қопланган майдони кенгайди, бунинг оқибатида сув омборидаги филтрация ва сув омбори юзасидан бўладиган буғланиш ортишига олиб келади. Бундай омиллар таъсири оқибатида сув омборидаги сувдан самарали фойдаланиш коэффициентини камайишига олиб келади. Оқибатда содир бўлган ҳолатлар натижасида сув омбори ҳавзасининг лойқа-чўкиндилар билан тўлишига ва сув омбори ҳажмининг камайишига олиб келади.

Сув сатҳини кўтарилиши туфайли қирғоқларнинг кўчиши ва пластлардаги босимни ўзгариши ҳамда қирғоқ қатламларини сувга тўйиниши ва у ердаги босимни камайиши натижасида емирилиш ҳолатларидаги ўзгаришларни математик статистика ҳисоблари қуйида келтирилган.

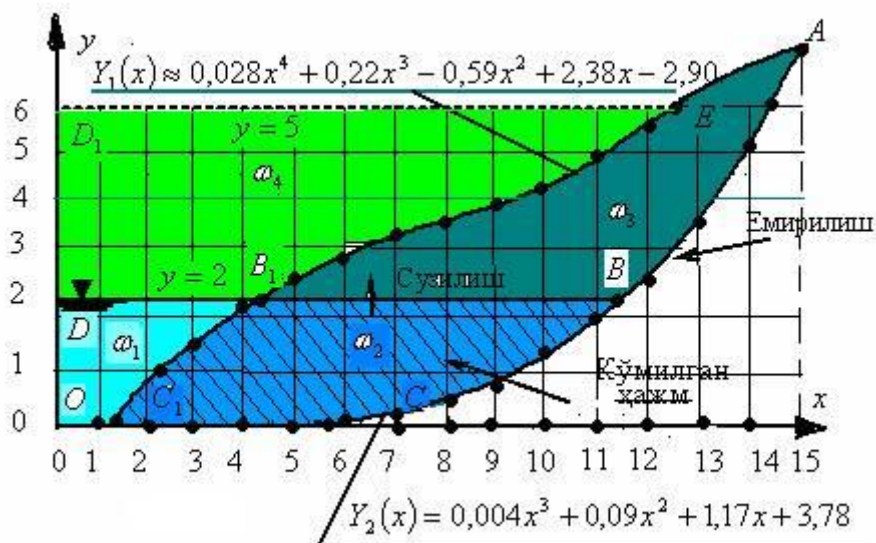
Қирғоқ кўчиши туфайли кўчувчи масса ҳосил бўлиб, бу массанинг сув омбори сувининг кўтарилишига таъсири намоён бўлади. Кўчувчи массанинг ҳажмий оғирлиги қуйидагича ифодаланади:

$$m = \rho W \quad (1)$$

Кўчки массанинг ҳажми, кўчиш чегараси координаталари орқали ёзилиб, қуйидаги қайтали интеграл орқали берилади:

$$W = \int_a^b dx \int_c^d [Y_1(x, y) - Y_2(x, y)] dy \quad (2)$$

Кўчки массасини чегараловчи сиртларнинг координаталарини билган холда, чегараловчи сиртнинг юқори ва пастдан, ўнгдан ва чапдан ўтувчи эгри чизиклари топилади. Бу эгри чизиклар Ньютон ёки Лагранж ва бошқа тақрибий формулаларни қўллаш орқали ҳисобланади (3-расм).



3 расм - Сув омбори сатҳининг кескин кўтарилиши натижасидаги қирғоқлар силжишини математик ифодаси

Лагранж интерполяцион формуласини эса кўчки массасини чегараловчи эгри чизиклар C_1B_1A ва CBA - абсиссаларини 3-расмга асосан қуйидагича танлаб олиб:

$$x_0 = 1,2, x_1 = 3, x_2 = 6, x_3 = 9, x_4 = 12, x_5 = 15.$$

Уларга мос ординаталарни 3- расмдаги ординаталардан оламиз:

$$y_0 = 0, y_1 = 1,5, y_2 = 2,8, y_3 = 4, y_4 = 5,5, y_5 = 7.$$

Келтирилган координаталарни Лагранжнинг интерполяцион формуласига қўямиз ва натижада C_1B_1A чизикнинг тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$Y_1(x) \approx 0,028x^4 + 0,22x^3 - 0,59x^2 + 2,38x - 2,90. \quad (3)$$

Худди шу усул билан кўчки кесимини пастки томондан чегараловчи CBA эгри чизикнинг тенгламасини топамиз. Бунинг учун мос координаталарни келтирамиз:

$$x_0 = 6, x_1 = 9, x_2 = 12, x_3 = 15.$$

$$y_0 = 0, y_1 = 0,8, y_2 = 2,5, y_3 = 7,$$

Келтирилган координаталарни Лагранжнинг интерполяцион формуласига қўямиз, натижада CBA эгри чизикнинг қуйидаги тенгламасига эга бўламиз:

$$Y_2(x) = 0,004x^3 + 0,09x^2 + 1,17x + 3,78 \quad (4)$$

Кўчкининг ҳаракатдаги ODB_1C_1 кесимини 3-расмдаги координаталардан ва Лагранж формуласи орқали топилган C_1B_1A ва CBA эгри чизикларнинг тенгламасидан фойдаланиб ҳисоблаймиз:

$$\omega_1 = \int_0^{1,2} dx \int_0^2 dy + \int_{1,2}^{4,2} dx \int_0^{Y_1(x)} dy = 2,4 + \int_{1,2}^{4,2} Y_1(x) dx = 2,4 + \int_{1,2}^{4,2} (0,028x^4 + 0,22x^3 - 0,59x^2 + 2,38x - 2,9) dx$$

$$\omega_1 = 2,4 + 20,44 = 22,84 \text{ кв.б} \quad (5)$$

Кўчкининг ҳаракатдаги C_1CBB_1 кесимини 3-расмдаги координаталардан ва Лагранж формуласи

орқали топилган C_1B_1A ва CBA эгри чизиклардан фойдаланиб ёзамиз:

$$\omega_2 = \int_{1,2}^{4,2} dx \int_0^{Y_1(x)} dy + \int_{4,2}^{11,5} dx \int_{Y_2(x)}^{y=2} dy = \int_{1,2}^{4,2} Y_1(x) dx + \int_{4,2}^{11,5} (2 - Y_2(x)) dx = 55,1 \text{ кв.б}$$

Ҳаракатдаги B_1BA кесим юзасини қуйидаги интеграл орқали топамиз (3-расм).

$$\omega_3 = \int_{4,2}^{11,5} dx \int_2^{Y_1(x)} dy + \int_{11,5}^{15} dx \int_{Y_2(x)}^{Y_1(x)} dy = 71,5 \text{ кв.б}$$

Ҳаракатдаги DD_1EB_1 кесим юзасини қуйидаги интеграл орқали топамиз (3-расм).

$$\omega_4 = \int_0^{4,2} dx \int_2^5 dy + \int_{4,2}^{11} dx \int_{Y_1(x)}^5 dy = 117,5 \text{ кв.б.}$$

Барча ҳаракат кесими юзасидан ўтаётган кўчки ёки суюқлик миқдорини ўзгаришини туташ муҳит тенгламасидан топамиз:

$$Q_i = \omega_i \vartheta_i \text{ ёки } Q_i = \frac{W_i}{t}, \quad i = 1, 2, 3, 4 \quad (6)$$

Ҳозирда эксплуатация қилинаётган аксарият сув омборларнинг муаммоларидан бири бўлган сув омборини сув билан кўмилган қирғоқ нишабликларидан кичик ўпирилишлар, емирилишлар, чўкишлар, ювилишлар ва қирғоқларни силжишини ҳам худди шундай ҳисоблаш усулидан фойдаланиб аниқлаш мумкин.

Сув омборини тўлдириш ва бўшатишда ҳар бир сув омбори учун ишлаб чиқилган диспетчерлик графикларига амал қилган ҳолда сув сатҳининг кўтарилиш ва тушиш тезлиги меъёрий қийматлардан ошиб кетмаслиги юқорида келтирилган ҳолатларни олдини олиш учун замин бўлиб хизмат қилади.

АДАБИЁТЛАР:

1. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. - М., 1981. - 720 с.
2. Содиков А.Х., Гаппаров Ф.А. Ирригация сув омборини ишлатишнинг диспетчерлик графиги // САНИИРИ илмий асарлар тўплами. Мелиорация ва сув хўжалиги. – Тошкент, 2000. - 56-59 б.
3. Чугаев Р.Р. Гидротехнические сооружения. В двух частях. - М.: Агропромиздат, 1985. - 317 с.

УДК 532.552:626.83

ЭНЕРГОГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НОВЫХ ТИПОВ ВОДОПОДВОДЯЩИХ СООРУЖЕНИЙ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

О.Я. Гловацкий, Ф.Ж. Носиров, О.Х. Низамов, Ш.Р. Рустамов
(НИИИВП при ТИИМ, ТашГТУ)

Мақолада насос станциясининг бўлими характеристиксига етказувчи мослама ва оқим тузилиши, сув етказувчи мосламани такомиллаштириш учун фойдаланиш таъсири кўрилди

In article is considered influence leading device and structures of the flow on feature of the block pumping station, which can be used for modernization leading water buildings.

В статье рассмотрено влияние подводящих устройств и структуры потока на характеристику блока насосных станций, которые могут быть использованы для модернизации водоподводящих сооружений.

Вопросами повышения эффективности эксплуатации водоподводящих сооружений

насосных станций (НС) занимались многие исследователи, среди которых отдельно можно подчеркнуть работы Бальзанникова М.И., Виссарионова В.И., Карелина В.Я., Мамажонова М., Мухаммадиева М.М. Результаты работ вышеназванных авторов показали, что заилиение водоприемных сооружений НС существенно снижает их эксплуатационную эффективность [1-3].

Отложенные наносы на дне сооружений нарушают проектные гидравлические показатели потока при подходе к водоприемным отверстиям, что ухудшает эксплуатационные условия всасывания воды и приводит к снижению КПД насосных агрегатов (НА). Обоснование технического решения по улучшению гидравлической структуры потока основывается на следующих предложениях:

- исключить воронкообразование перед входом во всасывающие трубы путём расширения и развития навстречу потоку входа во всасывающие трубы насосов, или устройством перед ними забральной стенки (рис. 1) [1];

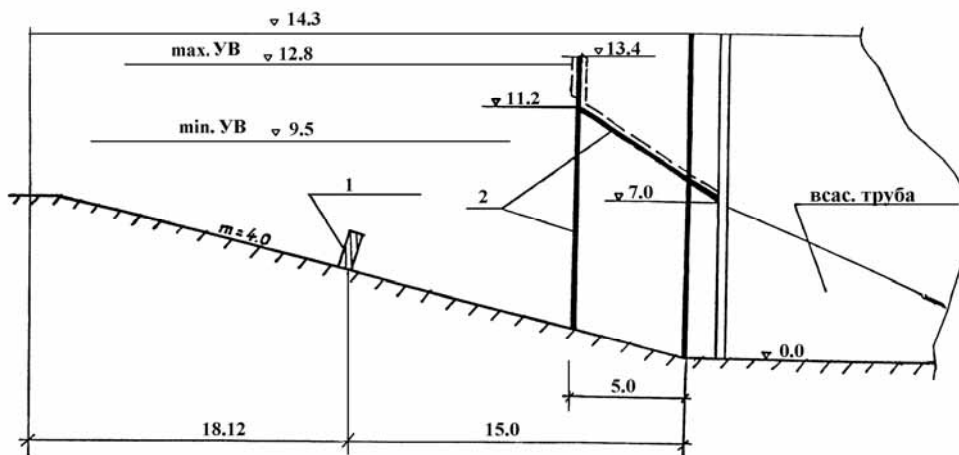


Рис. 1 – Предложения по улучшению гидравлики подвода воды к насосам НС
1 – донная стенка, 2 – развитый вход (пунктиром показан временный вариант)

- устранение турбулентной структуры потока и следующей за ней вибрации НА (особенно, крайних) было предложено сделать с помощью плавучего устройства – растекателя, обеспечив равномерный подход потока ко всем НА [1];

- предложены конструктивные изменения в компоновке аванкамеры увеличение обратного уклона дна аванкамеры (нулевой уклон, отрицательный уклон);

- предложено выравнивать поле скоростей в конечном сечении ВТ [1].

Однако любая реконструкция действующей НС связана с её опорожнением. В условиях же круглогодично работающей НС эти мероприятия выполнить не представляется возможным.

По условиям работы осевого насоса сопряжение его с источником может быть выполнено различно: в зависимости от способа подвода воды к рабочему колесу (РК), от компоновки блока НС и др. В связи с этим между насосом и водоприемником приходится устанавливать устройства различной формы, назначением которых является подвод воды к входному сечению насоса с наименьшими потерями напора и при наименьших габаритах такого элемента. Несмотря на наличие некоторых энергогидравлических исследований отводящих устройств [2], изучены они недостаточно.

Обычно в качестве подводящего устройства для крупных осевых насосов используются изогнутые всасывающие трубы [3]. Как показали наши исследования, колено изогнутой всасывающей трубы приводит к большой неравномерности потока перед РК. Кроме того, применение таких труб приводит к увеличению размеров блока НС, особенно на крупных НС. Поэтому при расположении оси насоса под углом 90° к направлению подводимого к нему потока воды целесообразно колено заменить камерой с наименьшими габаритами по оси.

Авторами были проведены испытания этих подводящих устройств с цилиндрическим обтекателем в блоке НС с насосом ОП-10/ $D_1=250$ мм/ с углом установки лопастей $\varphi=0^\circ$.

Максимальная высота камеры $h_1=0,9D_1$, ширина постоянная и равна $2,4D_1$. Отношение наибольшего входного сечения к площади выходного сечения подводящего устройства $F_{\text{входа}} / F_{\text{вых}}=6,15$.

Исследовалось влияние осевых габаритов всасывающего патрубка и камеры на

энергетическую характеристику блока НС. Представляя собой некоторое гидравлическое сопротивление, подводящие устройства снижают развиваемый насосом напор. Кроме того, при одностороннем подводе воды возможно возникновение неравномерного поля скоростей потока во входном сечении РК и, как следствие этого, неравномерная работа лопастей колеса и снижение энергетических показателей блока НС.

При проведении энергетических испытаний уровень воды нижнего бьефа (УВНБ) и давление на стенки отмечались с помощью пьезометров с точностью $\pm 1,0$ мм. Мерное сечение принято на расстоянии $0,4D_1$ от оси поворота лопастей РК. В каждой исследуемой точке определена величина абсолютной скорости \mathcal{G} и ее составляющие: расходная \mathcal{G}_z , окружная \mathcal{G}_u , радиальная \mathcal{G}_r , и статическое давление $\frac{p}{j}$.

Относительная погрешность измерения КПД блока НС не превышала $\pm 0,6$ %, а измерения абсолютной величины скорости - 1,0 %.

Влияние подводящего устройства оценивалось путем сравнения энергетических характеристик с характеристикой блока НС с изогнутой трубой и определением коэффициента гидравлического сопротивления подводящего устройства как:

$$\xi = \frac{2g \int_F E_{y0} \mathcal{G}_r dF}{\bar{\mathcal{G}}_z^2 \cdot Q}, \quad (1)$$

где E_{y0} - потери удельной энергии потока в подводящем устройстве;

F - площадь живого сечения в мерном створе;

Q - расход.

Безразмерные коэффициенты напора K_H , расхода K_Q и КПД $\bar{\eta}$ блока НС определялись по следующим формулам:

$$K_H = \frac{H}{D^2 n^2}; \quad K_Q = \frac{Q}{nD^3}; \quad \bar{\eta} = \frac{\eta}{\eta_{\max}}; \quad (2)$$

Характер распределения скоростей и давления выражался коэффициентами

$$\bar{\mathcal{G}}_{zi} = \frac{\mathcal{G}_{zi}}{\bar{\mathcal{G}}_z}; \quad \bar{\mathcal{G}}_{ui} = \frac{\mathcal{G}_{ui}}{\bar{\mathcal{G}}_z}; \quad \left(\frac{p}{j}\right) = \frac{\left(\frac{p}{j}\right)_i}{\left(\frac{p}{j}\right)_{cp}}, \quad (3)$$

где $\bar{\mathcal{G}}_z$ - средняя скорость в мерном сечении;

$$\left(\frac{p}{j}\right)_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{p}{j}\right)_i}{n} - \text{средняя потеря энергии в подводящем устройстве};$$

n - количество точек измерения, равное 54.

Из результатов исследований работы подводящих устройств при различных положениях дна камеры видно, что чем глубже камера (при постоянной ширине), тем меньше она снижает напорную характеристику блока НС. Так, при изменении глубины камеры от $0,32D_1$ до $0,60D_1$ коэффициент напора увеличился с 0,170 до 0,180 при $K_Q = 0,5$. Коэффициент полезного действия $\bar{\eta}$ блока НС возрос при этом на 6 %.

Изменение высоты всасывающего патрубка мало влияет на напорную характеристику блока НС, но оказывает заметное влияние на КПД $\bar{\eta}$ блока НС. В зоне $K=0,5 \div 0,56$ при изменении высоты патрубка с $0,75D_1$ до $0,9D_1$ КПД $\bar{\eta}$ блока НС возрос на 2 %. При уменьшении высоты патрубка до $0,6D_1$ $\bar{\eta}$ упало по всей характеристике блока НС (рис. 2).

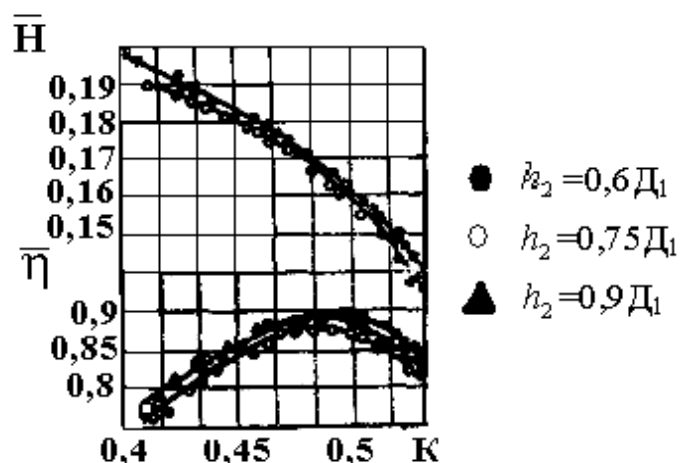


Рис. 2 - Влияние высоты патрубка h_2 на характеристику НС при $h_1 = 0,6D_1$.

При сопоставлении характеристик блока НС с изогнутой всасывающей трубой и подводимым устройством с развитым навстречу потоку входом видно, что тип подводимого устройства не оказывает большого влияния на напорную характеристику блока НС, но изменяет его КПД. Это объясняется большим воздействием подводимого устройства на поток, поступающий на РК.

Высота всасывающего патрубка h_2 в значительной степени определяет значение коэффициента сопротивления ξ . Различие между соответствующими значениями ξ при одинаковой высоте камеры объясняется различием в значениях коэффициента гидравлического сопротивления камеры (рис. 3).

При заданной высоте всасывающего патрубка h_2 и постоянной ширине камеры существует оптимальная высота камеры h_1 , при которой потери напора в подводимом устройстве имеют минимальные значения.

Подводящие устройства влияют на характеристику блока НС не только собственным сопротивлением, но и изменением поля скоростей перед РК насоса. Более равномерное распределение поля скорости осуществляет предлагаемая авторами камера всасывающего патрубка, имеющая форму в плане с углом охвата $\beta = 90^\circ$. Из анализа коэффициентов осевых, окружных скоростей и давлений по створам такой камеры можно заключить, что радиальные составляющие скоростей во всех створах незначительны и остаются постоянными.

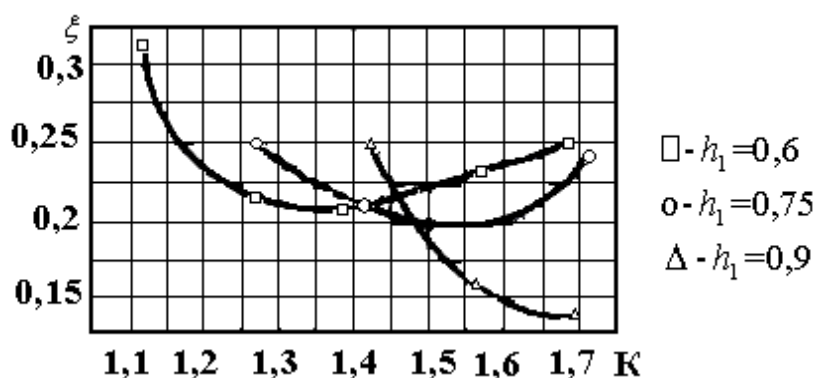


Рис. 3 - Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления нового патрубка и камеры подводимого устройства

В сечении перед РК выявлены следующие особенности течения:

- осевые скорости по периметру и радиусам распределены неравномерно: максимальные скорости сосредоточены в середине проточного канала;
- эксперименты показали наличие двух вихрей в выходном сечении подводимого устройства. Величина окружной составляющей скорости при изменении габаритов камеры

остаётся постоянной;

- потери энергии в мерных створах при различных h_2 неодинаковы: максимальные потери - в центре вихря.

Данные о влиянии подводных устройств на характеристику блока НС и о структуре потока могут быть использованы для модернизации подводных устройств НС.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Glovatsky O.Ya., Ergashev R.R., Rustamov SH.R. Improvement to usages and studies large pumping station. – Saarbrücken, 2013. – 170 pp.
2. Виссарионов В.И., Кибирев Д.И. Энергетические исследования модели блока насосной станции с диагональным отводом // Известия ВУЗов. Энергетика. – 1978. - № 4. - С. 36-42.
3. Мухаммадиев М.М., Носиров Ф.Ж., Уришев Б.У. Повышение эффективности работы водоприемных устройств насосных станций // Гидротехническое строительство. - 2010. - № 1. – С. 11-13.

УДК. 627.141.1

СЕЛСУВОМБОРЛАРИДА ЛОЙҚА ОҚИМНИ БОҚАРИШ ВА СУВ ЧИҚАРГИЧ ИНШОТЛАРИНИ ЛОЙҚА ЧЎКИНДИЛАРДАН ҲИМОЯЛАШ БЎЙИЧА ТАДБИРЛАР

*Ф.Т. Давранов, Л.Х. Ирмухамедова, И.И. Хасанов
(ТИМИ)*

Ушбу мақолада селсувомборларнинг топографик, гидрологик, гидравлик, гидротехник режимлари ва эксплуатация шароитларини инобатга олган ҳолда, уларнинг юқори бьефларига тушадиган лойқа оқим тарқалиши, чўкишини бошқариш ва сув чиқаргич иншоотларини лойқага кўмилишидан ҳимоялашга мўлжалланган конструктив технологик тадбирлар кўриб чиқилди.

In article is considered constructive - a technological actions intended for governing moving the turbid flow, put alluvium and protection input head hydrooutput from segmentation in upper part celerhydrophobia, with provision for topographical, hydrologys, hydraulic, hydrotechnics factor and working conditionses these hydronodes.

В статье рассматриваются конструктивно-технологические мероприятия, предназначенные для управления движением мутного потока, осаднения наносов и защиты входных оголовков водовыпусков от заиления в верхних бьефах селеводохранилищ, с учетом топографических, гидрологических, гидравлических, гидротехнических факторов и эксплуатационных режимов этих гидроузлов.

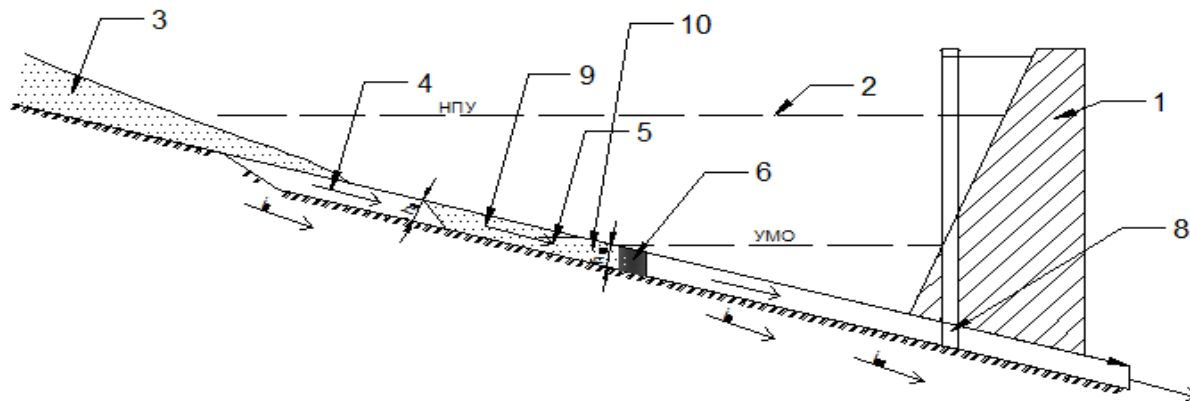
Селсувомборлари фойдали сифимларининг лойқа ётқизиклар эвазига қисқариб бориши, ҳамда сув манбалари сув йиғиш зоналаридан йиғиладиган муаллақ минералларга бой лойқа оқимнинг селсувомборларида ушланиб қолиниши ва натижада ерларнинг мелиоратив ҳолати ёмонлашиши дунё миқёсидаги муаммолардан ҳисобланади. Ушбу муаммоларни ҳал қилишга қаратилган инженерлик ечимлар таҳлили шуни кўрсатадики, селсувомборларининг гидрологик, топографик, гидротехник ва эксплуатация шароитларининг ўта мураккаблиги сабабли, уларнинг қўлланиш имкониятлари кескин чегараланган. Таклиф этилаётган конструктив-технологик тадбирларнинг асосий моҳияти шундан иборатки, юқори бьефга тушган лойқанинг тарқалишини, чўкишини бошқариш ва суғориш мавсумида муаллақ заррачали лойқа чўкиндиларни пастки бьефга чиқариб юбориш жараёнлари селсувомборларининг эксплуатация режимларига салбий таъсир кўрсатмайди(1 расм).

Сув тошқинлари ва сел оқимлари ўтиш даврида, селсувомборлари тўғони (1) юқори бьефига (2) табиий ўзан (3) орқали кирган лойқа оқим, сунъий ўзан, яъни канал (4) бўйлаб ҳаракатланади. Чунки, дала шароитида бир неча селсувомборларида ўтказилган тадқиқотлар натижалари шуни кўрсатадики, селсувомборларидаги сувга нисбатан лойқа оқим зичлиги анча юқори ва ҳарорати эса паст бўлгани учун айнан чуқур ўзан бўйлаб, яъни ушбу ҳолатда канал (4) бўйлаб ҳаракатланиши юзага келади. Лойқа оқим канал (4) дан, кириш қисми тубининг кенглиги канал (4) кенглигидан 2-3 маротаба катта бўлган, охириги қисми кенглиги канал (4) кенглигига тенг, планда учбурчак шаклидаги тиндиргичга тушади ва оқим тезлиги кескин сўнади ва ушбу

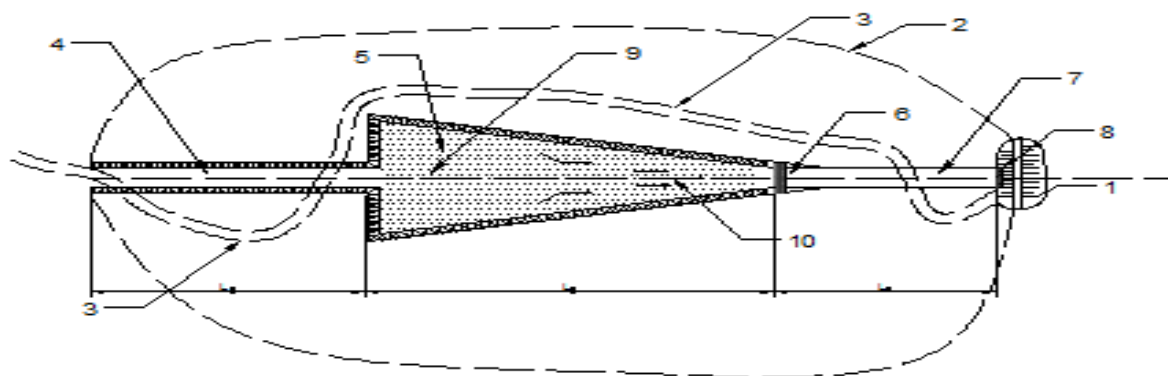
зонада туб чўкиндилар чўкиши юзага келади. Муаллақ заррачали лойқа оқим тиндиргич охири томон ҳаракатланиб, бир маромда чўкиб бориши юзага келади. Сув чиқариш иншооти(туннель) каллаги олдида жуда майда муаллақ заррачали лойқа чўкади ва вегетация даврида ушбу лойқа кишлоқ хўжалиги ерларига чиқарилиши мумкин. Вегетация даври тугагач, яъни селсувомборлари юқори бьефи сувдан бўшатиладан сўнг, тиндиргич кириш қисмида чўккан туб чўкиндилар механик усулда (эксковаторлар, автосамосваллар ва бошқа турдаги машиналардан фойдаланиб) казиб олиниб, селсувомборлари киргоғидан ташқарига чиқариб ташланади ёки улардан қурилиш материаллари сифатида ҳам фойдаланиш мумкин.

Дала шароитида ўтказилган изланишлар натижаларини таҳлил қиладиган бўлсак, селсувомбори юқори бьефида сув сатҳлари, сув тошқинлари ва сел оқимлари ўтиш даврида баланд белгиларда бўлади. Лойқалик даражаси юқори бўлган оқим селсувомборига тушганда мураккаб гидравлик-физик ҳолатлар юзага келади. Селсувомборларига катта миқдорда лойқа тушганда ва юқори бьефларда сув сатҳи кескин ўзгарувчан бўлса, сув чиқаргич иншооти каллагини лойқа босиш хавфи юзага келади (2 расм) Қорабоғ ва Лангар селсувомборлари фойдали сиғимларини ва сув чиқаргич иншоотлари каллақларини лойқа чўкиндилардан ҳимоялаш учун ҳамда муаллақ заррачали лойқа чўкиндиларнинг бир қисмини кишлоқ хўжалиги ерларига чиқариб юбориш учун мўлжалланган конструктив тадбирлар ишлаб чиқилди.

а)



б)



1- расм. Селсувомборлари юқори бьефларига тушадиган лойқа оқимни бошқариш бўйича конструктив тадбирлар. а)- пландаги кўриниши; б) - бўйлама қирқими кўриниши.

1-тўгон; 2-НДС зонаси; 3-табиий ўзан; 4-лойқа оқимни йўналтирувчи канал;5-планда учбурчак шакли тиндиргич; 6-сув чиқазгич каллаги; 7-сув ташлама туннель; 8-сув чиқаргич затворлари 9-туб чўкиндилар; 10-муаллақ чўкиндилар.

Таклиф этилаётган конструктив тадбирларни лойиҳалашда, биринчи навбатда селсувомборларининг юқори бьеф топографик шароити, сув манбаларининг гидрологик режими ва гидроузелларнинг эксплуатация жараёнлари инобатга олинди. Бунда асосан, юқорида қайд қилинган омилларга боғлиқ равишда селсувомборларига тушган лойқа оқимлар тарқалишини ва уларнинг чўкишини бошқаришдан иборат. Бунинг учун селсувомбори юқори бьефи фойдали сиғими зонасида тўғри чизиқли кириш қисмидан сув чиқазгич иншоотига йўналтирилган канал қурилади. Каналнинг ўлчамлари, селсувомбори қурилган сув манбанинг (дарё ёки сой) 1%

гидрологик таъминланганликдаги максимал сув сарфи ва унинг таркибидаги қаттиқ оқим миқдорига боғлиқ равишда аниқланади ҳамда бўйлама нишаблиги табиий ўзан нишаблигига тенг ёки ундан катта бўлиши таъминланади.



2 расм - Қорабоғ селсувомбори юқори бьефи сув чиқаргич иншооти зонасининг ҳозирги ҳолати
1- тўғон юқори қиялиги; 2-сув чиқазгич иншооти каллаг; 3-лойқа ётқизиқлари

Маълумки, қаттиқ оқим шартли равишда икки турга, яъни туб ва муаллақ чўкиндиларга бўлинади ва уларнинг сараланиб кетма-кет чўкишини таъминлаш учун канал ўқи бўйича икки камерали тиндиргич қурилади. Биринчи камерада туб, иккинчи камерада эса муаллақ лойқа чўкиндилар чўкиши кузатилади. Биринчи камера тубининг бўйлама нишаблиги канал нишаблигига тенг бўлади, узунлиги каналнинг тўртдан бир қисмига тенг, кенглиги эса канал кенглигидан 2-3 маротаба катта бўлади. Иккинчи камера кенглиги биринчи камера кенглигига тенг, узунлиги биринчи камера узунлигидан 2,5-3 баробар катта бўлади, тубининг нишаблиги нолга тенг, яъни горизонтал ҳолатда бўлади. Бунинг учун, иккинчи камера бошланғич қисми чуқурлиги қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$h_2 = L_3 * i_k, \quad (1)$$

бу ерда: h_2 - иккинчи камера бошланғич қисми чуқурлиги, м;

L_3 - иккинчи камера узунлиги, м;

i_k - канал бўйлама нишаблиги.

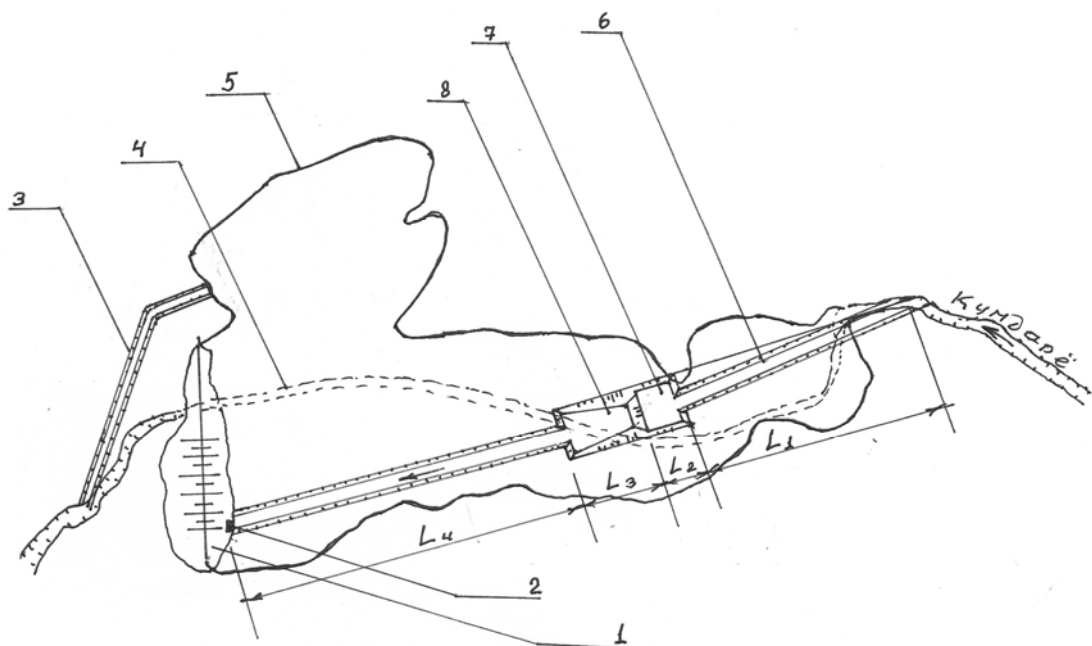
Бундай ҳолат иккинчи камера зонасида сув чуқурлигининг бир хил бўлишини таъминлайди ва ушбу зонада гидродинамик тенглик юзага келади, натижада муаллақ лойқа чўкиндиларнинг фаол чўкиши кузатилади. Таклиф этилаётган конструктив-технологик тадбирларнинг асосий моҳияти шундан иборатки, юқори бьефга тушган лойқанинг тарқалишини, чўкишини бошқариш сув омборларининг эксплуатация режимларига салбий таъсир кўрсатмайди. 3-расмда Қорабоғ сув омборида лойқа чўкиндиларга қарши курашиш учун таклиф этилаётган конструктив-технологик тадбирларнинг кўриниши келтирилган.

Сув тошқинлари ва сел оқимлари ўтиш даврида, сув омбори тўғони (1) юқори бьефига (5) табиий ўзан орқали кирган лойқа оқим, сунъий ўзан, яъни канал (6) бўйлаб ҳаракатланади. Чунки, дала шароитида бир неча сув омборларида ва сув омбори фазовий моделида ўтказилган тадқиқотлар натижалари шунни кўрсатдики, сув омборидаги сувга нисбатан лойқа чўкиндилар эвазига зичлиги анча юқори ва ҳарорати эса паст бўлган оқим айнан чуқур ўзан бўйлаб, яъни ушбу ҳолатда канал (6) бўйлаб ҳаракатланиши юзага келади. Лойқа оқим канал (6) дан, тубининг кенглиги канал (6) кенглигидан 2-3 маротаба катта бўлган, биринчи камерага (7) кирганда тезлиги кескин сўнади ва ушбу зонада туб чўкиндилар чўкиши юзага келади. Муаллақ заррачали лойқа оқим иккинчи камерага (8) киради ва ушбу зонада сув босими бир хил бўлгани ва гидродинамик тенглик юзага келганлиги сабабли, уларнинг аксарият қисми ушбу камерада чўқади, 10-20 % эса сув чиқаргич иншооти орқали пастки бьефга чиқариб ташланади.

Таклиф этилаётган конструктив-технологик тадбирларнинг асосий параметрларини аниқлаш бўйича услубий кўрсатмаларни келтираемиз.

Селсувомбори юқори бьефи фойдали сиғими зонасида қуриладиган тўғри чизиқли, кириш қисмдан сув чиқаргич иншоотига йўналтириладиган канал ва унинг ўқи бўйлаб жойлашадиган

тиндиргичнинг биринчи ва иккинчи камералари ўлчамлари, *Лангар ва Қорабоғ* селсувомборлари қурилган *Лангардарё ва Қорабоғдарёларнинг* кўп йиллик ўртача максимал сув сарфи ва қаттиқ оқим миқдорига боғлиқ равишда аниқланди.



3 расм - Конструктив тадбирлар бўйича Қорабоғ сув омбори юқори бьефи кўриниши
1-тўгон; 2-сув чиқаргич; 3-ҳалокатли сув ташлагич; 4-табиий ўзан; 5-НДС бўйича сув контури; 6-сунъий ўзан;
7-биринчи камера; 8-иккинчи камера

Бунда максимал сув сарфлари тахминан $45...105 \text{ м}^3/\text{сек}$ ва улар орқали селсувомборига кирадиган лойка чўкиндилар миқдори эса $18...32 \text{ минг м}^3$ бўлиши мумкин. Ушбу лойка чўкиндиларнинг $80...90\%$ заррачалари ўлчамлари $d < 0,05 \text{ мм}$ бўлган муаллақ чўкиндилар, қолган қисмини эса заррачалари ўлчамлари $d > 0,05 \text{ мм}$ бўлган туб чўкиндилар ташкил этади. *Лангар ва Қорабоғ* селсувомборлари фойдали сигимилари мос равишда $6,7... 9,3 \text{ млн. м}^3$, юқори бьефи табиий ўзан қисмининг бўйлама нишаблиги $0,010...0,012$, юқори бьефи фойдали сигими зонасида қурилган, тўғри чизиқли, кириш қисмдан сув чиқаргич иншоотига йўналтирилган каналнинг узунлиги $L_1 = 350...500 \text{ м}$, чуқурлиги

$h_k = 3,25... 3,75 \text{ м}$, тубининг кенглиги $b_k = 3,5...4,5 \text{ м}$ бўлади ва унинг тубининг бўйлама нишаблиги эса юқори бьеф табиий ўзан қисмининг бўйлама нишаблигига тенг, яъни $i_k = i_p = 0,010...0,012$ қабул қилиниши мумкин.

Канал ўлчамларидан келиб чиққан ҳолда, биринчи камера ўлчамлари – чуқурлиги $h_1 = h_k = 3,25...3,75 \text{ м}$, тубининг кенглиги $b_{k1} = 3 \times b_k = 3 \times 3,5...4,5 = 10,5...13,5 \text{ м}$, узунлиги эса $L_2 = L_1/4 = 350...500/4 = 87,5...125 \text{ м}$ ва иккинчи камеранинг ўлчамлари- узунлиги $L_3 = 2,5 \times L_2 = 2,5 \times 87,5...125 = 215...310 \text{ м}$, тубининг кенглиги $b_{k1} = b_{k2} = 10,5...13,5 \text{ м}$, камера охириги қисми чуқурлиги $h_3 = h_1 = 3,25-3,75 \text{ м}$ ва иккинчи камера бошланғич қисми чуқурлиги h_2 қуйидагича аниқланади:

$$h_2 = L_3 * i_k, = (215...310) * 0,010...0,012 = 2,15...3,8 \text{ м}$$

1 жадвал - Селсувомборлари юқори бьефларида қурилиши тавсия қилинган сунъий ўзанлар ва тиндиргичлар ўлчамлари

| Сунъий ўзан узунлиги $L_1...L_4, \text{ м}$ | Нишаблиги i_k | Канал туби кенглиги $b_k, \text{ м}$ | Канал чуқурлиги $h_k, \text{ м}$ | Канал қиялик коэф-ти m_k | Тиндиргичлар ўлчамлари $L_2, L_3, b_{k1}, b_{k2}, h_1, h_2$ м | Сув ўтказиш қобилияти $\text{ м}^3/\text{с}$ Q |
|---|-----------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <i>Қорабоғ селсувомбори</i> | | | | | | |
| 500...550 | 0,012 | 4,5 | 3,75 | 1,5 | 125; 310; 23,5; 13,5; 3,75; 3,8 | 70-80 |
| <i>Лангар селсувомбори</i> | | | | | | |
| 350...375 | 0,010 | 3,5 | 3,25 | 1,5 | 87; 215; 10,5; 10,5; 3,25; 2,15 | 55-75 |

Селсувомборида қоладиган лойқа-чўкиндиларнинг асосий қисми эса ушбу сунъий ўзанлар бўйлаб чўқади ва юқори бьеф сув сатҳининг пасайиб бориши билан улар ювилиб сув чиқаргич томон кўчирилади ва юқори бьефда сув йиғиш даври бошлангунча транзит усулда пастки бьефга чиқарилиши мумкин.

Лангар ва Қорабоғ селсувомборларида сентябр ойидан бошлаб баҳор ойларигача фақат бир мавсумда дарё сувини пастки бьефга транзит усулда ўтказиб туриш лозим.

Хулоса қилиб айтганда, селсувомборларидаги лойқа ётқизиклари микдорининг ошиб бориш жараёнини тўхтатиш бугунги куннинг ўта долзарб масалаларидан ҳисобланади. Айниқса, *Чортоқ, Лангар, Қорабоғ, Деҳқонобод ва Шурабсой* каби селсувомборлари лойқа ётқизикларини мавсумий равишда назорат қилиб бориш кечиктириб бўлмайдиган тадбирлардан ҳисобланади. Ушбу иш доирасида селсувомборлари юқори бьефларида юзага келаётган лойқа ётқизикларни бошқаришга мўлжалланган конструктив технологик тадбирлари ишлаб чиқилди ва уларнинг параметрлари асосланди.

УДК 691:626.826

ЗАЩИТНЫЕ ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЭКРАНЫ И КОНСТРУКЦИИ «СЭНДВИЧ» ДЛЯ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ДЕФЕКТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ БЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ ГТС

О.В. Зуев, А.А. Петров, Р.Ф. Байкова
(НИИИВП при ТИИМ)

This article describes the options screens and protective surface structures, "sandwich" with an intermediate layer between the adhesive sublayer old and new concrete, based polyepoxide, in order to prolong the viability of facilities.

В статье рассмотрены варианты защитных поверхностных экранов и конструкций «сэндвич» с промежуточным клеевым подслоем между слоем старого и нового бетона, на основе полиэпоксидов, с целью продления жизнеспособности сооружений.

Из огромного объема сфер использования традиционно-классического материала и конструктивных элементов на минеральной основе, а именно, из бетона и железобетона, самой экстремальной является область мелиорации и гидротехники. Причем экстремальность эта выражается на ранних стадиях еще до начала эксплуатации объектов, в ходе строительства противofильтративных покрытий каналов и плотин из монолитных бетонов. Возникает необходимость длительной транспортировки сырьевой смеси и её укладки на больших площадях земляных откосов. Огромный модуль поверхностей конструкций покрытий, представляющий собой тонкостенный, по своей сути, пленочный элемент, подвергается целой гамме отрицательных воздействий в виде солнечной инсоляции и обдува воздушными потоками, всегда имеющих место в гидросооружениях. Все эти воздействия при сложности организации ухода и обеспечения нормальных условий на ранней стадии твердения и набора прочности зачастую приводят к некачественному структурообразованию цементного камня, что впоследствии может сказаться на водостойкости материала из-за растворимости самого неустойчивого продукта гидратации цемента, а именно трехкальциевого силиката.

Учитывая тот факт, что на сегодняшний день в республике имеется огромная сеть мелиоративных транспортирующих и накопительных систем с гигантским объемом бетонных противofильтративных покрытий со сроком эксплуатации более 50 лет, то становится очевидным целесообразность и актуальность выбранного направления. Актуальность выбранного направления подчеркивает и тот факт, что по данным многочисленных визуальных наблюдений на различных объектах, в том числе и покрытиях Ташводохранилища, наблюдаются многочисленные дефекты конструкций бетонных экранов с различной степенью корродированности на глубину от 0,1 до 40 мм, которые восстанавливаются эксплуатационными службами с помощью малоэффективных поверхностных минеральных изоляций.

Повышение эксплуатационной надежности и жизнеспособности таких ремонтно-восстановительных работ с помощью возобновляемых минеральных изоляций с клеевыми

прослойками или самостоятельных поверхностных покрытий возможно только с помощью экономически доступных полимерных композиций.

Целесообразность такого направления диктуется опытом множества государств, таких как Великобритания, Италия, Испания, Португалия, Бельгия, Норвегия, Швеция, США, где после 50-60 лет эксплуатации наполнительных ГТС ставилась проблема продления жизнеспособности корродированного бетона за счет вымывания двухкальциевого силиката мягкими речными водами. Опыт вышеназванных стран показал, что существующие методы механической активизации поверхности корродированного бетона неспособны обеспечить приемлемой адгезионной надежности сопряжений слоев старого и нового бетона. Это ведет к отторжению возобновляемых покрытий и необходимости приостановки эксплуатации водохранилищ с целью разборки старых покрытий и устройству новых бетонных противофильтрационных покрытий.

В то же время опыт США, Швеции и Норвегии показал, что данная проблема решаема путем буферных прослоек в конструкциях «сэндвич» с применением полиэпоксидов, обеспечивающих адгезионное взаимодействие старых и новых слоев бетона или с помощью поверхностных изоляций, обеспечивающих длительное функционирование старых покрытий и приостановкой процессов коррозии бетона.

Одним из вариантов решения данной проблемы является создание новых составов полиэпоксидов для поверхностных тонкослойных защитных покрытий на ранних стадиях коррозионных процессов или буферных адгезионных прослоек в конструкциях типа «сэндвич», заключенного между слоями старого и нового бетона при глубоких повреждениях бетона.

В известных традиционных составах полиэпоксидов помимо разновидностей пластифицирующих веществ находят применение мономеры ФА, сланцевые фенолы, кузбаслаки, каменноугольные смолы и различные полиэферы, добавляемые в составы в количестве от 20 до 100 масс ч.

Учитывая дефицитность перечисленных продуктов и высокую их стоимость, проведены мероприятия по поиску отечественных ресурсов, способных заменить перечисленные виды материалов. В качестве данного вида заменителя, нами был апробирован полиэтиленовый воск (ПВ), содержащийся в жидких хвостовых отходах Шуртанского нефтехимического комплекса.

Апробирование данной разновидности пластификатора показало, что введение его в составы полиэпоксидов способно снизить себестоимость конечного продукта от 34,43 до 19,76 тыс. сум. за кг при введении полиэтиленового воска до 100 масс ч. эпоксидной смолы при сохранении достаточно высокого показателя прочности растяжения изгиба. В табл. 1 приводятся данные влияния полиэтиленового воска на стоимостные характеристики конечного продукта в зависимости от количества пластификатора, вводимого в объемах от 20 до 100 мас. ч. Как видно из данных этой таблицы, при исходной прочности материала, не содержащего добавки полиэтиленового воска в 70 Мпа максимум его введения, составляющего 100 масс ч., снижает прочность до 13-14 Мпа при почти двукратном снижении себестоимости и достижении малярной консистенции, позволяющей кистевое нанесение продукта, даже при введении большого количества наполнителя.

Таблица 1 - Влияние добавок полиэтиленового воска (ПВ) из хвостовых отходов Шуртанского нефтехимического комплекса на прочностные свойства полиэпоксидов в возрасте 30 суток

| Состав смеси (%) | | | | R. Растяжение изгиба МПА | Расход компонентов (%) | | | | Стоимость компонентов тыс. сум | | | | Итого стоимость 1 кг. |
|------------------|----------|--------------|-----|-----------------------------------|------------------------|----------|--------------|-----|-----------------------------------|----------|--------------|------|-----------------------------|
| ЭД- 20 | ПЭ ПА | Раств 646 | ПВ | | ЭД- 20 | ПЭП А | Раств 646 | ПВ | ЭД -20 | ПЭ ПА | Раств 646 | ПВ | |
| 100 | 10 | 20 | - | 70-80 | 1,0 | 0,1 | 0,2 | - | 42 | 2,0 | 0,76 | - | 34-43 |
| 100 | 10 | 20 | 20 | 60-67 | 1,0 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 42 | 2,0 | 0,76 | 0,14 | 29-93 |
| 100 | 10 | 20 | 40 | 40-45 | 1,0 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 42 | 2,0 | 0,6 | 0,28 | 26-49 |
| 100 | 10 | 20 | 60 | 22-24 | 1,0 | 0,1 | 0,2 | 0,6 | 42 | 2,0 | 0,76 | 0,42 | 23-78 |
| 100 | 10 | 20 | 80 | 15,1-15,3 | 1,0 | 0,1 | 0,2 | 0,8 | 42 | 2,0 | 0,76 | 0,56 | 21-15 |
| 100 | 10 | 20 | 100 | 13-14 | 1,0 | 0,1 | 0,2 | 1,0 | 42 | 2,0 | 0,76 | 0,7 | 19-76 |

Главной целью исследований данной тематики являлась разработка составов конструкций с максимальным вовлечением отечественных ресурсов для обеспечения приемлемых экономических параметров полиэпоксидов при их использовании как в конструкциях

поверхностных экранов, так и конструкций «сэндвич».

Разработанные составы полиэпоксидов с максимальным включением вторичных ресурсов предусматривают использование компонентов с нижеследующим их содержанием в конструкциях:

1. Эпоксидная диановая смола ЭД-20 – 100 м.ч.
2. Полиэтиленовый воск из хвостовых отходов – 100 м.ч.
3. Катализатор, ПЭПА – 10 м.ч.
4. Гранитно-мраморная мука из отходов камнеобрабатывающей промышленности – 300 м.ч.

Как показали комплексные исследования физико-механических и эксплуатационно-технических свойств, составы на основе перечисленных выше компонентов при длительной их экспозиции в природно-климатических и водных средах в течение 240 суток обладают нижеследующими основными характеристиками:

1. Прочность растяжения изгиба не ниже 10,3 МПа.
2. Адгезия к старому и свежееуложенному бетону не ниже 2,3 МПа.
3. Водостойкость по прочности изгиба не ниже 0,99.
4. Коэффициент стойкости по адгезии не ниже 1.
5. Стоимость 1 кг композиции не выше 8630 сум.
6. Водонепроницаемость не ниже 4 МПа.

В процессе лабораторных исследований с целью выяснения возможности снижения первичных расходов средств рассматривался вариант конструкции «сэндвич», с дробным нанесением полиэпоксидов на 50 % площади дефекта и расходом клея в количестве 400 г/м², и нанесением его по контуру детали и точечным расположением материала на остальной площади, что оказалось возможным с обеспечением адгезии бетона от 40-47 % от максимума.

При разработке конструкции «сэндвич» рассматривались варианты нанесения поверхностных защитных слоев бетона от 20 до 100 мм. При этом, учитывая сложность обеспечения нормальных условий гидратации бетона в тонком слое, следует применять высококачественные товарные смеси с прочностью не ниже Мр-300, водонепроницаемостью не ниже В-6 и МРЗ-400, при обеспечении условий выдержки минерального слоя изоляции при нормальных влажностных и температурных параметрах на весь срок набора прочности. Эти условия предусматривают поверхностные укрытия пленочными материалами и теплозащитными и влагоудерживающими материалами.

Рассматриваемые конструкции ремонтно-восстановительных работ с применением любого из примененных типов при соблюдении правил приготовления составов и технологий работ обеспечивают длительную жизнеспособность элементов бетонных конструкций при минимуме долговечности не менее 15 лет, с сохранением длительного срока исходных свойств и обеспечением высокой жизнеспособности конструкций.

Себестоимость разработанной конструкции, в зависимости от толщины слоев покрытий, может составлять от 10112 до 37906 сум/м², а с учетом длительной жизнеспособности годовая стоимость не превысит показатель 674-2527 сум/м².

Анализом также рассмотрен вариант технического решения с применением дробного варианта клеевой прослойки между слоями минеральных изоляций с расходом полиэпоксидов в пределах 400 г/м². В этом случае себестоимость ремонтно-восстановительных работ в зависимости от толщины возобновляемого бетона от 1 до 10 см будет составлять в пределах от 443 до 2299 сум/м²/год.

На основании вышеизложенного можно сделать заключение о том, что разработанные взамен традиционных типов пластификаторов и наполнителей составы с использованием отходов отечественного производства обеспечивают приемлемые характеристики физико-механических, эксплуатационно-технических и технико-экономических свойств. Они способны на различных этапах коррозионных процессов бетона обеспечить повышение жизнеспособности сооружений ГТС путем использования вариантов поверхностных экранов или конструкции «сэндвич» с минимальными годовыми затратами и высокой экономической эффективностью.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Попченко С.Н. Гидроизоляция зданий и сооружений. – М.: Стройиздат, 1981.
2. Кардашов Д.А. Синтетические клеи. – М.: Химия, 1976.

МОНИТОРИНГ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ НА УРОВНЕ АВП

*М.Р. Икрамова, И.А. Ахмедходжаева, Н.Д. Икрамов, С. Батищев
(НИИИВП при ТИИМ)*

Implementation of information-analytical system for monitoring and evaluation of the land and water resources use within the WUAs is a key issue. The developed computer model contains: electronic linear scheme of irrigation systems including the crop fields, the tools for planning of water allocation and water balance calculation; the GIS - map containing digital, text and graphical information covering all aspects of water and land resources state, water consumption and disposal data. The program is intended to support water resources management, water distribution evaluation, reasonable correction of planned modes based on existing real situation.

СИУлар худудидида сув ва ер захираларидан фойдаланишининг мониторингини олиб бориши учун маълумот ва таҳлил тизимини жорий қилиши долзарб вазифадир. Ишлаб чиқилган компьютер модели қўлидаги бўлимлардан ташкил топган: сугориши тизимининг электрон чизиқли схемаси тузилиб, унда сугориладиган далалар ва экин турлари кўрсатилган, сув тақсимлашни режалаштириши ва балансини ҳисоблаш ишлари бажарилади; ГИС-харита ишлаб чиқилган бўлиб, сув ва ер захиралари ҳолатини ёритувчи, сув истеъмоли ва сув оқоваларига тегишли рақамли, матнли ва график маълумотларни ўз ичига олади. Дастур сув захираларини бошқаришда ёрдам бериши учун, тизимда сувни тақсимлашининг самарасини кўриши, маҳаллий шароитга қараб режага тезкор ўзгартишлар киритиши каби вазифаларни бажаришга мўлжалланган.

Внедрение информационно-аналитической системы мониторинга и оценки использования водно-земельных ресурсов в рамках АВП является актуальным вопросом. Разработанная компьютерная модель состоит из: электронной линейной схемы оросительных систем с прикрепленными к ней полями с указанием культур, с расчетным инструментом для планирования, водораспределения и составления водного баланса системы; ГИС-карты, содержащей цифровую, текстовую и графическую информацию, которые детально освещают все аспекты состояния водно-земельных ресурсов, водопотребления и водоотведения. Программа, предназначена для оказания поддержки в управлении водными ресурсами, оценки водораспределения по системе, обоснованной корректировке плановых режимов, исходя из реально складывающейся обстановки.

Разработка и внедрение эффективных средств учета воды и инструментов анализа использования водных ресурсов должны осуществляться с целью экономии воды и повышения продуктивности ее использования. Однако, на уровне АВП существующая система управления водой не позволяет своевременно анализировать и оперативно корректировать план водопользования и водораспределения с учетом создавшейся ситуации. Имеющиеся 52 ирригационные системы в 10 бассейновых управлениях в системе Минсельводхоза, на территории которых расположены 83016 фермерских хозяйств, объединенных в 1708 АВП, которые обслуживают 3940 тыс. га орошаемых площадей Узбекистана, нуждаются в инструментах эффективного управления водой с целью повышения ее продуктивности.

Работа выполнена в рамках инновационного проекта «Внедрение новой компьютерной программы по мониторингу и оценке водно-земельных ресурсов фермерских хозяйств АВП «Пскент-Зилол сув» в целях повышения эффективности их использования», финансируемого Комитетом развития науки и новых технологий. Целью проекта была создание информационно-аналитической системы мониторинга и оценки использования водно-земельных ресурсов фермерскими хозяйствами в рамках АВП. Объектом исследований была выбрана АВП «Пскент-Зилол Сув», расположенная в Пскентском районе Ташкентской области, которая объединяет 35 фермерских хозяйств и 1 сельский сход граждан (рис. 1).

АВП обслуживает 3041 га орошаемых земель, из которых 1455 га отведены под хлопок, 1250 га земель - под зерновые культуры, а на остальной части выращиваются фрукты и овощи. Кроме того, расположенные рядом населенные пункты также пользуются услугами АВП для полива приусадебных участков. На территории имеется 27 га земель, которые не используются из-за нехватки воды.

Источником воды АВП «Пскент-Зилол сув» являются Северная и Южная ветки Ташкентского канала. Северная ветка обеспечивает 33 фермерских хозяйств, остальные 3 хозяйства подвешены к Южной ветке. Анализ водообеспеченности фермерских хозяйств и их оснащенности гидростатами и водовыпусками показал, что фермеры обеспечены водой от 80 до

91 %. Из 36 фермерских хозяйств всего 19 оснащены гидропостами. На балансе АВП находится 150 км оросительной сети, из которых 138 км проходят в земляном русле, 12 км - в лотках. На сети установлены 144 водовыдела. На 4 перегораживающих сооружениях и 19 водовыделах установлены гидропосты. В системе функционируют насосные станции, из которых 7 находятся на балансе АВП, а 500 насосов - на балансе фермеров. Общая протяженность коллекторно-дренажной сети составляет более 80 км.



Рис. 1 - Расположение АВП «Пскент -Зилол Сув» в Ахангаран-Дальварзинской ирригационной системе

Вода на поля доставляется по внутрихозяйственной сети. Из-за несовершенства и изношенности, внутрихозяйственная система характеризуется низким КПД порядка 0,6. Каналы плохо очищаются, заросли камышом и заилены. Причинами низкой эффективности использования воды на фермерских полях являются:

- недостаточная выравненность рельефа в результате некачественной планировки;
- использование неоптимальных элементов техники полива, не соответствующих в достаточной степени конкретным природным условиям;
- нарушение сроков водоподачи с помощью насосов из-за проблем с электроэнергией и изношенности насосных агрегатов
- недостаток знаний у фермеров относительно эффективности поливов и негативных последствий переполива.

В результате всех перечисленных причин продуктивность оросительной воды низкая: с 1 м³ затраченной воды производится 0,25-0,35 кг хлопка сырца и 0,80-0,95 кг пшеницы.

Создание системы мониторинга предполагает объединение в единый комплекс всех технических средств обработки информации с использованием новых технологий и различных процедур. Разработанный компьютерный программный комплекс состоит из следующих модулей:

- Интерфейс, объединяющий все составляющие модули в один блок и выполняющий их запуск. Обеспечивает оперативный доступ к любому из компонентов комплекса, не используя дополнительных программных средств.
- База данных, созданная в MS Access, накапливает данные по объектам разного уровня и позволяет вести их мониторинг. Облегчает выполнение работы путем использования стандартного операционного метода.

- Модуль для расчета водного баланса построен на базе программы MS Access. Оснащение электронной линейной схемой ирригационных систем позволяет производить наглядно отображаемый расчет планирования, распределения воды и получение баланса.

- Геоинформационная база данных, использующая ArcGIS, содержит визуальную информацию о картографических объектах и связанных с ними характеристиках, в рамках задач данного пакета.

Программа предназначена для централизованного хранения и обработки водохозяйственной информации и обработки и анализа вводимых данных и позволяет:

- Управлять водными ресурсами посредством ежедневного мониторинга вводимой информации,
- Исходя из определённого объёма накопленной информации, принимать необходимые решения в данной области,

- Контролировать качество вводимой информации посредством использования графического (диаграммного) представления оперативных данных,
- Получать различные виды выходных форм и систематизировать накопленный схематический материал.

База данных состоит из нескольких программных файлов, предназначенных для ежедневного ввода информации о расходах воды в оросительные системы из каналов, также состоит из нескольких форм для просмотра и анализа ежедневной, месячной и годовой информации. Один из ключевых моментов - возможность **передачи данных через Интернет в основную Базу данных**. Эффективность будет заключаться в том, что создана возможность анализировать ежедневно вводимую информацию, и пересылать ее из отдельных объектов в основную Базу данных для обработки информации и принятия необходимых решений в отношении определённого хозяйства.

Через основную форму осуществляются все операции (рис. 2): по вводу, обработке, мониторингу, анализу, передаче и получению данных, а также можно переключаться на языки: узбекский, русский и английский).

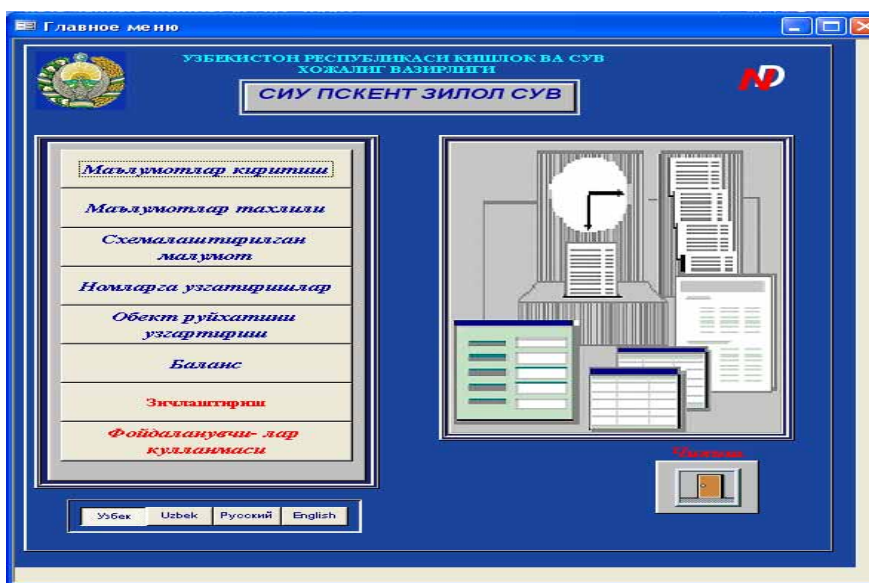


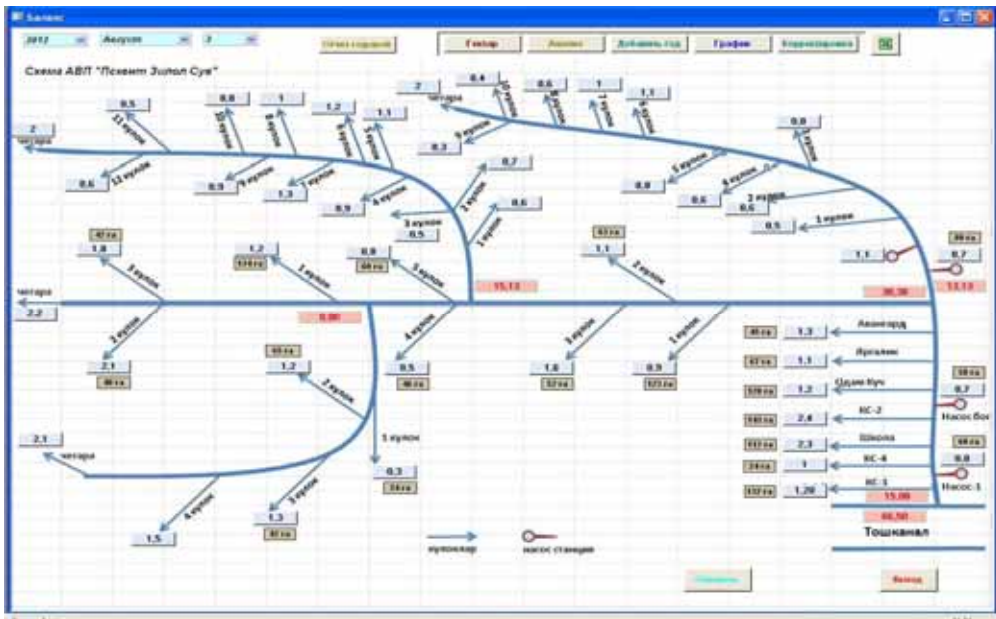
Рис. 2 - Основная форма базы данных

Для нормального функционирования блока достаточно скопировать директорию PskentDB со всем ее содержимым на диск C: **C:\PskentDB**. Для удобства работы с Блоком, необходимо создать иконку на рабочем столе, которая позволит быстро запускать Анализирующую программу базы данных.

WBC программа выполняет оперативный расчет водного баланса (рис. 3). Оснащение электронной линейной схемой ирригационных систем позволяет производить наглядно отображаемый расчет планирования, распределения воды и расчет ее баланса по оросительной системе. Путем внесения количества потребной воды по заявкам фермеров с учетом потерь воды (при известном КПД водотока) вычисляются объемы водозаборов из межхозяйственной оросительной системы. При этом можно зафиксировать количество политых площадей. Ежедневная информация может быть накоплена в базе данных и распечатана в виде отчета.

Ниже приведен фрагмент программы расчета баланса (рис. 4) и состав программных файлов.

На базе ArcGIS создана основа геоинформационной системы территории АВП «Пскент-Зилол суви» с использованием спутниковых снимков топографических карт масштаба 1:50 000. В качестве исходных данных были использованы материалы АВП по земельному кадастру, учетные данные фермеров, отчетные формы МСВХ. ГИС-карта содержит следующие группы слоев: гидромелиоративное состояние земель, оросительные системы с водораспределительными сооружениями и гидростопами, фермерское территориальное деление с указанием сельскохозяйственных культур, населенные пункты и др. (рис. 5).



Б)

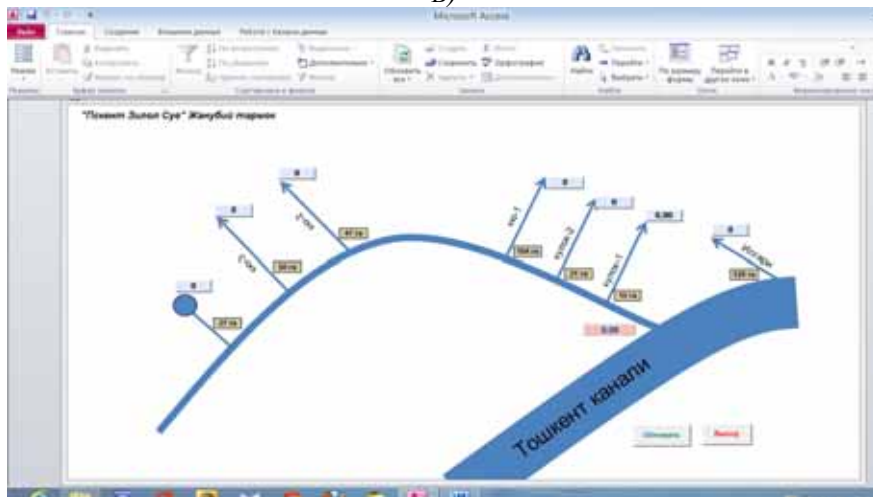


Рис. 3 - Линейные схемы по расчету баланса воды:
А) Северная ветка, Б) Южная ветка

```

Option Compare Database

Private Sub Exit_Click()
DoCmd.Close
End Sub

Private Sub Add_Year_Click()
Dim X
X = MsgBox("Эксперт! Вы хотите добавить дату в структуру базы данных! Продолжить?", vbExclamation + vbYesNo, "")
If X = 7 Then Exit Sub
MsgBox X
DoCmd.OpenForm "Form Add Year"
End Sub

Private Sub Corr_Click()
DoCmd.OpenForm "Form CorrShema"
End Sub

Private Sub ExportText_Click()
DoCmd.OutputTo acOutputTable, "ShemaPS", acFormatRLS, "c:\PskentDB\BalansWater.xls",
End Sub

Private Sub Form_Open(Cancel As Integer)
Dim I As Integer
Dim FromLang As String, ToLang As String
FromLang = "ORIGINAL"
If Lang = 0 Or IsNull(Lang) Then Lang = Form!([R3] Cover)!([LanguageError])

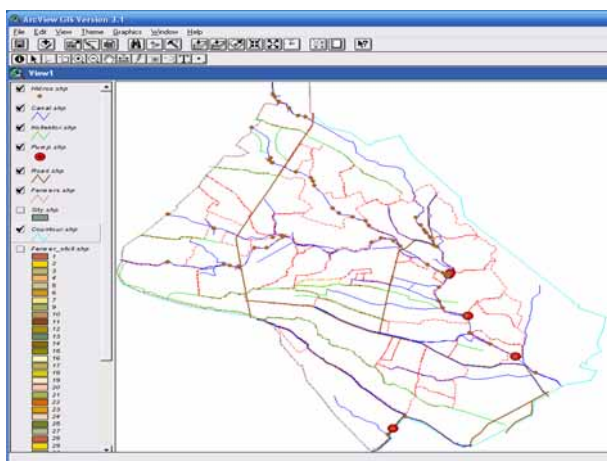
Year# = Year(Now())
Year#.Request

Month# = Month(Now())
Month#.Request

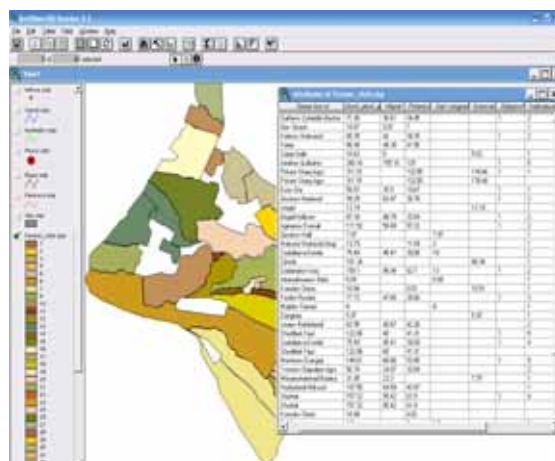
Day# = Day(Now())

```

Рис. 4 - Фрагмент программы расчета баланса



Слой: Размещение учетных сооружений



Слой: Размещение фермерских хозяйств и их характеристики

Рис. 5 - Страницы ГИС-карты АВП Пскент Зилол Сув

Реализация программного продукта должна осуществляться на основе технологий, обеспечивающих быстрый доступ к информации, защиту данных, создание локальных сетей, выход в Интернет (web-возможности), подключение автоматизированных систем измерений и учета водных ресурсов, подключение аналитических модулей (моделей) и систем поддержки принятия решений.

Созданный программный продукт для ведения мониторинга и оценки с необходимым оборудованием и программным обеспечением позволяет повысить эффективность управления водными ресурсами, оперативно установить зоны нехватки или избытка воды и прогнозировать дальнейшую картину количественного и качественного состояния водно-земельных ресурсов, увеличить скорости обработки информации. Затраты на разработку программного продукта и создание системы накопления и передачи информации могут окупиться в течение максимум 2 лет.



При нулевом варианте экономический ущерб от потери урожайности вследствие несвоевременной подачи воды составляет 250 долл. США на 1 гектар в условиях зон самотечного орошения, и 1750 долл. США в зонах машинного орошения.

На программный продукт получено авторское свидетельство на интеллектуальную собственность, регистрационный № 0277 от 14 ноября 2012 г.

Современная информационная система должна учитывать инициативу и творчество самого пользователя по анализу водохозяйственной ситуации. Пользователю предоставляется

возможность создавать свои альтернативы управления и в то же время, проанализировать и в комплексе взглянуть на процессы, которые характерны для отдельных объектов и участков.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Денисов Ю.М., Сергеев А.И., Побережский Л.Н. Метод оценки водообеспеченности орошаемой территории // Тр.САНИГМИ. – 1996. - Вып. 149. - С. 68-78.
2. MicrosoftAccess. Система управления реляционными базами данных для Windows. (Руководство пользователя - Microsoft Corporation).
3. Севрюгин В.К., Морозов А.Н. Оценка продуктивности орошения при различной технике полива // Экономический вестник Узбекистана. - 2001. - № 9
4. Справочник гидротехника ширкатных хозяйств и ассоциаций водопользователей. – Ташкент: Укитувчи, 2000. – 126 с.
5. Тарасов В.Л. Работа с базами данных в среде Access. - Нижний Новгород, 2005. – 162 с.

УДК 532.5:627.4

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ГИДРАВЛИЧЕСКОМУ РАСЧЕТУ РУСЛА Р. АМУДАРЬЯ В УСЛОВИЯХ ЗАРЕГУЛИРОВАННОГО СТОКА ВОДЫ

Х.А. Исмагилов, И.А. Ибрагимов
(НИИИВП при ТИИМ)

Рекомендации составлены на основании изучения изменения гидравлических параметров и русла в условиях зарегулированного стока воды р. Амударья. В результате изучения получены новые расчетные зависимости для условий зарегулированного стока воды. Ниже дается порядок расчета гидравлических параметров русла реки.

При составлении проектов гидротехнических сооружений (руслорегулирующих, защитных и др.) на реках производится гидравлический расчет русел рек.

Гидравлическим расчетом необходимо установить ширину русла, средние и максимальные глубины потока, средние и максимальные скорости, радиус кривизны русла и другие параметры.

Гидравлический расчет включает два этапа:

1-й этап – сбор и первичная обработка исходных данных (определение расчетного расхода необходимой обеспеченности, установление гранулометрического состава наносов, установление среднего продольного уклона русла).

2-й этап – непосредственно гидравлические расчеты ширины русла, средней и максимальной глубины потока, средней и максимальной скорости потока, радиус кривизны русла и других показателей.

В процессе выполнения первого этапа расчетный расход обеспеченности устанавливается по нормативному документу. Измерением в натуральных условиях определяют продольный уклон русла, гранулометрический состав наносов.

При выполнении второго этапа, используя полученные нами новые расчетные зависимости для зарегулированного условия стока воды, устанавливаются гидравлические параметры русла:

Ширина русла по формуле [1]:

$$B = 10 \left(\frac{Q}{\sqrt{gi}} \right)^{0,37} d^{0,075} \quad (1)$$

Средняя глубина потока по формуле:

$$H_{cp} = 200 \left(\frac{Q}{\sqrt{gi}} \right)^{0,15} d^{0,625} \quad (2)$$

где Q - расчетный расход 5-10 обеспеченности, м³/с;

i - продольный уклон русла;

d - средний диаметр донных наносов, м;

B - ширина русла, м;

H - средняя глубина потока, м.

Максимальную глубину потока на прямолинейном участке русла можно принять в пределах:

$$H_{\max} = (1,2 - 1,4) H_{cp} \quad (3)$$

Средняя по сечению скорость потока определяется по формуле:

$$V_{cp} = \frac{Q}{\omega} = \frac{Q}{B \cdot H} \quad (4)$$

Максимальная поверхностная скорость принимается в пределах:

$$V_{\max} = (1,2 - 1,4) V_{cp} \quad (5)$$

Радиус кривизны геометрической оси потока на криволинейном участке реки можно установить по формуле [2]:

$$R = 150 \frac{Q^{0,35} \cdot d^{0,125}}{(\sqrt{gI})^{0,35}} \quad (6)$$

где Q - расход 60-75 % обеспеченности, м³/с.

На особо опасных местах необходимо устраивать шпоры из местного грунта с укреплением обеих сторон откоса и оголовка камнями (рис.1).

Гидравлическим расчетом шпоры устанавливаются следующие величины:

- максимальная глубина размыва у оголовка сооружений;
- длина шпоры;
- ширина сооружения по верху;
- расстояния между шпорами;
- угол расположения сооружения к потоку.

Максимальная глубина размыва на основании натуральных данных по р. Амударья составляет 15 м.

Длина шпоры принимается - 10-30 м.

Ширина шпоры по верху принимается – 8-10 м.

Коэффициент заложения откоса и креплений принимается равным $m=1,0$

Расстояние между шпорами устанавливается по формуле Х.А. Исмагилова [3]:

$$L = \frac{L_{ш}}{\operatorname{tg}(\beta + \varphi)} \quad (7)$$

где $L_{ш}$ – длина шпоры;

$\beta =$ (0-30°) – вероятный угол свала потока;

$\varphi =$ (8-10°) – угол растекания потока.

Для облегчения расчета в табл. 1 приведены значения расстояния в (м) между шпорами, полученные на основании формулы (7) для различной длины шпоры и угла свала потока.

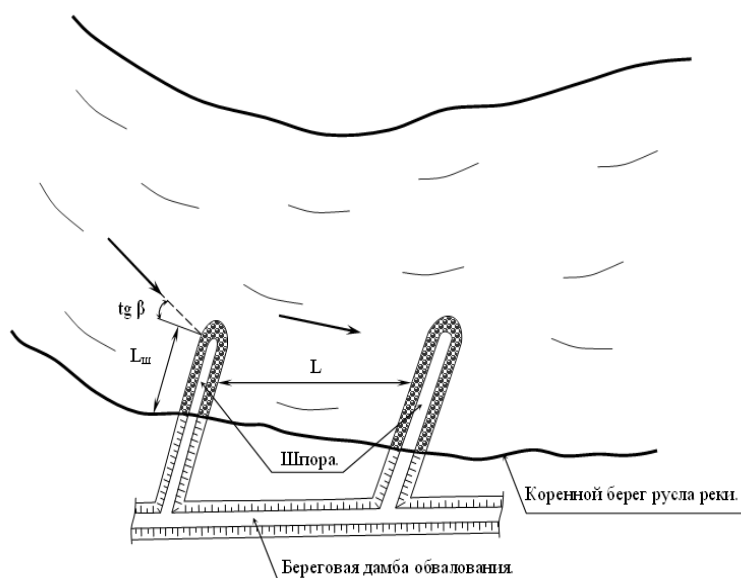
Таблица 1 - Значение расстояния между шпорами

| Длина шпоры, м | $\operatorname{tg}(\beta + \varphi)$ | | |
|----------------|--------------------------------------|-----|-----|
| | 9° | 19° | 29° |
| 10 | 65 | 30 | 15 |
| 20 | 125 | 59 | 36 |
| 30 | 190 | 89 | 55 |

Крупность камня для креплений должна быть разного диаметра - от 0,3 до 1,0 м. Толщина крепления должна быть не менее 1,5 м, при среднем диаметре камня 0,5 укладыванием камня в 3 слоя.

В заключение можно отметить, что приведенные рекомендации целесообразно использовать для гидравлического расчета зарегулированных русел рек при проведении защитных

регулирующих мероприятий и улучшения пропускной способности русла реки Амударья.



ЛИТЕРАТУРА:

1. Исмагилов Х.А, Ибрагимов И.А. Гидроморфологические зависимости русел рек в условиях зарегулированного стока воды // Проблемы механики. – 2011. - № 1. - С. 35-37.
2. Ибрагимов И.А. Морфологические параметры на криволинейном участке реки в условиях зарегулированного стока воды // Проблемы механики. – 2013. - № 1. - С. 65-68.
3. Исмагилов Х.А. Селевые потоки, русловые процессы, противопаводковые и противоаварийные мероприятия в Средней Азии. - Ташкент, 2006. – 262 с.

УДК 532.543:627.4

О ДИНАМИКЕ ИЗМЕНЕНИЯ МУТНОСТИ ПОТОКА ПО ДЛИНЕ В ЗОНЕ ВЫКЛИНИВАНИЯ ПОДПОРА В ВОДОХРАНИЛИЩАХ И РУСЛАХ РЕК

Х.А. Исмагилов, М.Т. Сайидов
(НИИИВП при ТИИМ)

Article is devoted studying dynamics change of stream turbidity on length a pinching-out stream section in water reservoirs and river channels. Receipt new formulas for definition stream turbidity and hydraulic fineness of sediments for these sections. Below in article is shown results of the made researches on studying character of hydraulic fineness of sediments on the section line Dargan-Ata of the Amu Darya river.

Статья посвящена изучению динамики изменения мутности потока по длине в зоне выклинивания подпора в водохранилищах и руслах рек. Получены новые формулы для определения мутности потока и гидравлической крупности наносов в этой зоне. В статье приводятся результаты проведенных исследований характера гидравлической крупности наносов по створу Дарган-Ата реки Амударья.

Как известно, в настоящее время в некоторых руслах рек и расположенных на них русловых водохранилищах наблюдается заиление русла. Основной причиной этого процесса является заиление дна русла вследствие чрезмерного увеличения мутности потока воды и осаждения наносов. Заиление дна приводит к размыванию берегов, паводкам, негативно влияет на стабильную эксплуатационную деятельность гидротехнических сооружений.

Создание водохранилищ в русле реки вызывает подпор воды. В верхнем бьефе в результате подпора образуется две зоны: 1-я зона – Зона водохранилища; 2-я зона – Зона выклинивания подпора воды, русловая зона. Подпор воды оказывает влияние на поток в виде уменьшения

скорости потока и осаждения наносов, а также уменьшения мутности потока по длине, как в зоне водохранилища, так и в зоне выклинивания подпора.

В частности, изменение мутности потока по длине С.Х. Абальянцем [1] выражается следующим образом:

$$S_x = S_T + \left(S_0^- - S_T \right) \exp \left\{ - \frac{w_x}{q} \Delta x \right\}$$

где: q - погонный расход;
 S_0 - мутность в начале рассматриваемого участка;
 S_T - транспортирующая способность потока;
 w_x - изменение гидравлической крупности наносов.

Для отдельных фракций наносов расчетная зависимость для изменения мутности по длине потока А.В. Караушевым [2] представлена в следующем виде:

$$S_{кон} = S_{Tp} + \left(S_{кон} - S_{Tp} \right) \exp \left\{ - \frac{B(w_i + K_i)}{Q} \Delta x \right\}$$

где: K_i - коэффициент пропорциональности, приобретающий особое численное значение для каждой фракции.

Для случая, когда заилиение происходит постоянно, формула для расчета изменения мутности по длине А.В. Караушевым [2] дается в следующем виде:

$$S_x = S_0 \exp \left\{ - \frac{w_x}{q} \Delta x \right\}$$

На основе краткого анализа можно отметить, что предложенные различными авторами формулы для расчета распределения мутности потока по длине, в основном, даются для участка реки свободной зоны течения потока.

Осаждение наносов и уменьшение мутности потока по длине в зоне выклинивания подпора можно выразить через уравнение баланса наносов. Составление уравнения баланса наносов ведется следующим образом: Выделяется участок водохранилища длиной Δx , ограниченной двумя створами (рис. 1).

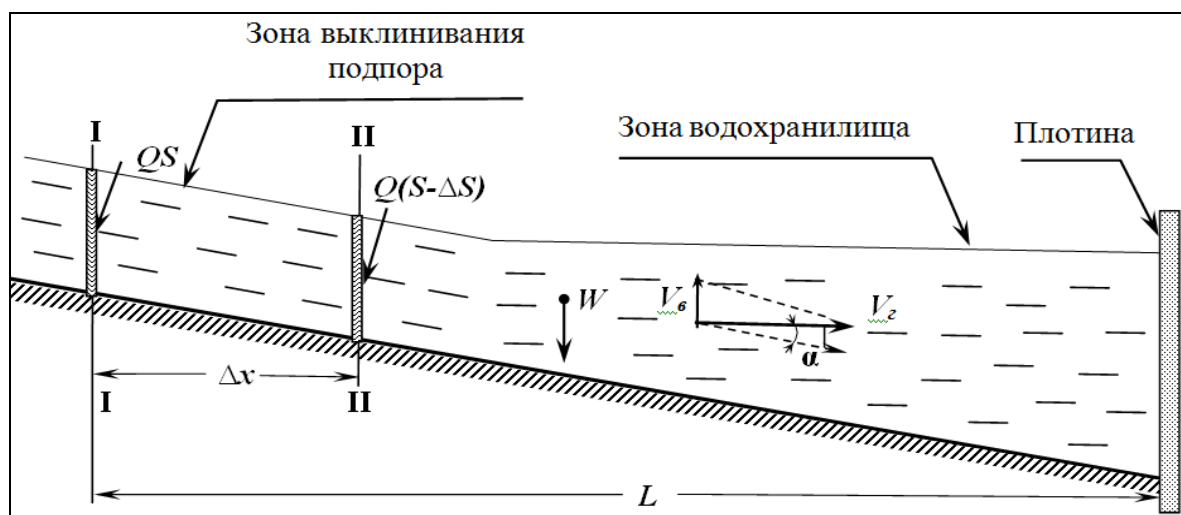


Рис. 1 - Схема расчета водоизменения мутности потока по длине водохранилища

Расход наносов через начальный створ составляет QS (Q - расход воды, m^3/c ; S - средняя объемная мутность), через конечный створ расход наносов составит $Q(S - \Delta S)$, где ΔS - уменьшение мутности потока по длине Δx за счет осаждения наносов. Средний расход осаждающихся наносов на единицу площади дна на участке длиной Δx выражается через q . Учитывая вышеизложенное, полный расход осаждающихся наносов на рассматриваемом участке

составит $q\Delta xB$, где B - средняя ширина русла реки на участке длиной Δx .

Уравнение баланса наносов будет иметь следующий вид:

$$QS = Q(S - \Delta S) + q\Delta xB \quad (1)$$

откуда:
$$Q\Delta S = q\Delta xB \quad (2)$$

или в дифференциальной форме:

$$QdS - qBdx = 0 \quad (3)$$

Входящий в уравнения секундный расход осаждения наносов приближенно может быть принят равным:

$$q = (W - V_e)S \quad (4)$$

где: W - гидравлическая крупность наносов или скорость осаждения наносов в стоячей воде, мм/с (рис. 1).

Вертикальную составляющую скорости потока можно установить по формуле:

$$V_e = V \sin \alpha = iV \quad (5)$$

где: V - средняя скорость потока;

α - угол наклона движения потока;

i - скоростной уклон.

При равномерном движении потока скоростной уклон равен геометрическому.

Подставляя (4) и (5) в (3) получим:

$$QdS - (W - iV)SBdx = 0 \quad (6)$$

Уравнение (6) является дифференциальным уравнением изменения мутности по длине водохранилища. Интегрирование уравнения (6) имеет некоторые особенности, зависящие от морфологического строения русла и гидравлического параметра потока.

Для водохранилища особенностями являются изменение морфологического строения русла и гидравлического параметра потока по длине. Эти изменения параметров по длине принимаются линейными и, в соответствии с этим, можно получить:

1. Изменение средней глубины потока по длине:

$$H_x = H_H + (H_K - H_H) \frac{x}{L} \quad (7)$$

2. Изменение уклона водной поверхности по длине:

$$i_x = i_H - (i_H - i_K) \frac{x}{L} \quad (8)$$

3. Расширение русла по длине:

$$B_x = B_H + (B_K - B_H) \frac{x}{L} \quad (9)$$

4. Сужение русла по длине:

$$B_x = B_H - (B_H - B_K) \frac{x}{L} \quad (10)$$

5. Поток имеет разнофракционный состав наносов.

Для расчета принимается средневзвешенное значение гидравлической крупности наносов (W_{cp}). Изменение средневзвешенного значения гидравлической крупности наносов по длине принимается равным изменению средней скорости потока.

$$\frac{W_{cp.x}}{W_{cp.o}} = \frac{V_x}{V_H} \quad \text{откуда} \quad W_{cp.x} = \frac{W_{cp.o} V_x}{V_H} \quad (11)$$

В зависимостях (7)-(11) приняты следующие обозначения:

H_n, i_n, B_n, V_n - средняя глубина, уклон, ширина и скорость потока в начале участка;
 H_k, i_k, B_k, V_k - средняя глубина, уклон, ширина и скорость потока в конце участка, соответственно;
 L - общая длина участка;
 X - длина участка от начала до рассматриваемого створа.

Подставляя (7)-(11) в (6) и осуществляя некоторые преобразования, получим:

$$\frac{dS}{S} = \frac{W_H L}{V_H (LH_H + (H_K - H_H)x)} dx - \frac{Li_H}{LH_H + (H_K - H_H)x} dx + \frac{(i_H - i_K)x}{LH_H + (H_K - H_H)x} dx \quad (12)$$

Интегрирование (12) дает:

$$S_x = S_o \exp - \frac{1}{H_K - H_H} \left\{ \frac{LW_H}{V_H} \ln \frac{LH_H + (H_K - H_H)x}{LH_H} - \left[Li_H \ln \frac{LH_H + (H_K - H_H)x}{LH_H} - (i_H - i_K) \left(x - \frac{LH_H}{H_K - H_H} \ln \frac{LH_H + (H_K - H_H)x}{LH_H} \right) \right] \right\} \quad (13)$$

Из уравнения (13) можно получить:

$$W_H = \ln \frac{S_x}{S_o} \cdot \frac{V_H (H_K - H_H)}{L \ln \frac{LH_H + (H_K - H_H)x}{LH_H}} + i_H V_H - \frac{(i_H - i_K)x V_H}{L \ln \frac{LH_H + (H_K - H_H)x}{LH_H}} + \frac{(i_H - i_K)H_H V_H}{H_K - H_H}$$

$$W_H = V_H \left\{ \ln \frac{S_x}{S_o} \cdot \frac{H_K - H_H}{L \ln \frac{LH_H + (H_K - H_H)x}{LH_H}} + i_H - \frac{(i_H - i_K)x}{L \ln \frac{LH_H + (H_K - H_H)x}{LH_H}} + \frac{(i_H - i_K)H_H}{H_K - H_H} \right\} \quad (14)$$

По уравнению (13) можно установить динамику изменения мутности потока между створами при наличии данных по гидравлическому элементу потока и гидравлической крупности наносов, а также уравнению (14) можно установить значения гидравлической крупности наносов в начале русла при наличии данных по гидравлическому элементу потока и изменении мутности потока по длине.

Для оценки достоверности полученных уравнений (14) были использованы данные гидрологических станций Дарган-Ата и Туямуюн, в верхнем течении р. Амударья в зоне Туямуюнского водохранилища.

Гидрологическая станция Дарган-Ата – расположена в 160 км вверх от Туямуюнского водохранилища на участке Тупроккалинское массива. Наблюдается выклинивание подпора потока в этой зоне [3].

Гидрометрическая станция Туямуюн – действует с 1924 г. Гидроствор Туямуюн

расположен в 450 км от Аральского моря и на 1,8 км ниже плотины Туямуонского водохранилища. Станция расположена в теснине. Русло реки устойчивое, несколько изогнутое в плане. Берега скалистые, дно реки каменистое. Гидропост находится в створе станции. Выше и ниже гидроствора русло подвержено деформации. Ширина реки на этом гидростворе 800-850 м [3].

По данным измеренных расходов воды этих станций за 1991 г. были подсчитаны среднемесячные показатели параметров русла и потока (табл. 1)

Таблица - Результаты расчета среднего значения гидравлической крупности наносов по створу Дарган-Ата

| Месяцы | Данные гидроствора Дарган-Ата (среднее значение параметров по месяцам) | | | | | | | | Расчетная W (мм/с) | |
|--------|---|-------------------------------|-------------------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------|----------|
| | Q_n (м ³ /с) | S_n (кг/м ³) | S_k (кг/м ³) | V_n (м/с) | H_n (м) | H_k (м) | I_n (‰) | I_k (‰) | | |
| 1991 г | январь | 745 | 1,64 | 0,028 | 0,96 | 3,3 | 14,39 | 0,00011 | 0,0001 | 0,000190 |
| | февраль | 521 | 2,1 | 0,022 | 0,96 | 2,08 | 14,02 | 0,00011 | 0,0001 | 0,000174 |
| | март | 346 | 1,23 | 0,031 | 0,81 | 1,66 | 9,21 | 0,000092 | 0,000082 | 0,000116 |
| | апрель | 991 | 3,3 | 0,14 | 1,09 | 1,96 | 5,38 | 0,000086 | 0,000076 | 0,000142 |
| | май | 1488 | 3,7 | 0,17 | 1,17 | 2,45 | 6,27 | 0,00009 | 0,00008 | 0,000168 |
| | июнь | 2570 | 4,21 | 0,038 | 1,36 | 2,8 | 12,03 | 0,000078 | 0,000068 | 0,000206 |
| | июль | 2270 | 4,7 | 0,017 | 1,29 | 3,03 | 11,18 | 0,00007 | 0,00006 | 0,000184 |
| | август | 1605 | 0,86 | 0,17 | 1,14 | 2,84 | 5,19 | 0,000076 | 0,000066 | 0,000160 |
| | сентябрь | 1410 | 2,93 | 0,42 | 1 | 2,75 | 3,79 | 0,000095 | 0,000085 | 0,000163 |
| | октябрь | 956 | 1,48 | 0,056 | 0,97 | 2,7 | 6,48 | 0,00013 | 0,00012 | 0,000181 |

Используя данные таблицы и графика по уравнению (14) были рассчитаны значения гидравлической крупности наносов для каждого измеренного расхода воды по месяцам. Как видно из табл. 1, подсчитанные значения гидравлической средневзвешенной крупности наносов для гидроствора Дарган-Ата составляют от 0,000116 до 0,0002 мм/с. Анализ показал, что измеренные данные гидравлической крупности наносов по гидроствору Дарган-Ата близки к расчетным.

ВЫВОД. В заключение можно отметить, что с учетом данных изменений поперечного и продольного профиля русла и значений средневзвешенной гидравлической крупности наносов по длине было решено уравнение баланса наносов и получена расчетная зависимость (14) для установления динамики изменения мутности потока по длине русла. Сопоставление расчетных значений изменения мутности по длине русла с измеренными данными дали удовлетворительные результаты. Полученную расчетную зависимость (14) рекомендуется использовать при расчетах объема заиления в зоне выклинивания подпора водохранилища.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Абальянц С.Х. Устойчивые и переходные режимы в искусственных руслах. – Л., Гидрометеиздат, 1981. -240 с.
2. Караушев А.В. Теория и методы расчетов речных наносов. – Л., Гидрометеиздат, 1977. -288 с.
3. Исмагилов Х.А. Селевые потоки, русловые процессы, противоселевые и противопаводковые мероприятия в Средней Азии. - Ташкент, 2006. -261 с.