

2) Мероприятия по недопущению осаждения наносов в каналах:

- а) транспортирование наносов на поля;
- б) вторичное осаждение наносов во впадинах, слу-

жащих естественными отстойниками.

3) Мероприятия по удалению осевших наносов при помощи использования энергии потока, гидравлическими промывками или способами гидромеханизации.

Литература

1. Байманов К.И., Байманов Р.К. Исследования переформирования подводящего русла верхнего бьефа Тазиаташского гидроузла и условия протекания потока в каналы. // Проблемы механики АН РУз. – Ташкент: «Фан», 2010, №1, -С.13-17
2. Байманов К.И., Назарбеков К.К и др. Исследование процессов заиливания и очистки ирригационных отстойников. // «Вестник» ККО АНРУз. – Нукус: 2004, №1-2. -С.43-45.
3. Инструкция по проектированию отстойников и наносоперехватывающих сооружений для оросительных систем. (ВСП-П-15-77). –М.: Стройиздат. 1977, -С. 30.
4. Огородников С.П., Михеев И.И. Оптимизация грунтозаборных устройств земснарядов с погружными грунтовыми насосами. // Гидротехническое строительство. -М.: 1987. №7, -С. 39-42.

РЕЗЮМЕ

Мақолада дала тадқиқот ишлари натижасида тўғон олди сув олиш тиндиргичларида лойка чўқиши ва тиндиргичнинг юқори бьеф билан бирга ишлашини ҳисобга олиб, оқизиклар оқимини бошқариш, янада тазалаш ишлари усуллари тақомиллаштириш бўйича тавсиялар берилган.

РЕЗЮМЕ

В статье излагаются результаты полевых научных исследований режима заиливания отстойников при плотинном водозаборе и даются рекомендации по регулированию насосного режима с учётом совместной работы верхнего бьефа и отстойников, а также способы организации производства очистных работ.

SUMMARY

The article deals with the results of field studies of the siltation regime of sedimentation tanks at dam water intake and recommendations are given for regulating the pumping regime taking into account the joint operation of the upper pool and sedimentation tanks as well as ways to organize the production of sewage treatment.

УДК:511.215; 672.841

КРИТЕРИЙ УПРАВЛЕНИЯ ЗАДАЧ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ ОБЪЕКТОВ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ

А.В.Кабулов – доктор технических наук, профессор

Национальный Университет Узбекистана имени М.Улугбека

А.Ж.Сейтов – доктор философии по техническим наукам

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем

А.А.Кудайбергенов – стажёр-исследователь

Каракалпакский государственный университет имени Бердаха

Таянч сўзлар: оптимал бошқарув, методлар, канал, сув тақсимооти, оптималликининг зарурий шартлари.

Ключевые слова: оптимальное управление, методы, канал, водораспределение, необходимые условия оптимальности.

Keywords: optimal control, methods, channel, water distribution, necessary optimality conditions.

Настоящая статья направлена на решение научно-технической проблемы оперативного управления комплексом сооружений в водохозяйственной организации с учётом топологии ирригационных систем, особенностей каналов и функционирующих гидротехнических сооружений (ГТС). Управление комплексом этих сооружений затрудняется из-за значительной территориальной рассредоточенности различных ГТС, неравномерности подачи воды в каналы и инерционности переходных процессов в ирригационных системах.

К особенностям каналов относятся их различие в функционировании (магистральные самотечные и с машинным водоподъёмом, междохозяйственные и внутрихозяйственные), наличие в них различных перегораживающих и водозаборных ГТС различной конструкции и компоновки, значительная территориальная рассредоточенность функционирующих ГТС, необходимость учёта распределённости параметров объектов во времени и пространстве и динамики переходных процессов водных ресурсов при оперативном управлении ими, что вносит существенные трудности при усовершенствовании существующих и разработке новых математических моделей и алгоритмов моделирования оперативного управления комплексом сооружений водохозяйственной организации.

Учёт распределённости параметров объектов во времени и пространстве и связанной с ней динамики переходных процессов водных ресурсов, необходим при усовершенствовании существующих и разработке новых математических моделей каналов всех уровней, что даёт возможность определить время добегания водных масс от одного сооружения к другому. Это обязательно необходимо учитывать при оперативном управлении комплексом сооружений в водохозяйственной организации для повышения водообеспеченности потребителей. Математические модели объектов бассейна

реки, применяемые для решения задач оперативного управления должны с одной стороны достаточно точно описать основные динамические процессы в объектах и с другой стороны быть довольно простой к решению заданной на ЭВМ.

В качестве математических моделей участка реки, канала и водохранилища в зависимости от точности решаемой задачи могут быть применены различные модели, например, следующие балансовые разностные уравнения [1,2]

$$\frac{dW_i(t)}{dt} = Q^H(t) - Q^K(t) + \sum_{j \in N^{B_i}} Q_{ji}^{B_i}(t) - \sum_{j \in N^{I_i}} Q_{ji}^{I_i}(t) + Q^{II}(t) - Q^{III}(t), \quad t > t_0,$$

$$W_i(t_0) = W_i^0,$$

где $W_i(t)$ - объёмы воды, находящейся на участке i в моменты времени t ; Q_i^H и Q_i^K - расходы воды в начале и конце участка в момент времени k ; и $Q_{ji}^{B_i}$ и $Q_{ji}^{I_i}$ - расходы воды j -го водозабора и сосредоточенного притока i -го участка; Q_i^{III} - интенсивность потери воды i -го участка; Q_i^{II} - прогнозный расход воды распределённых притоков.

Изменение объёмов воды в водохранилище во времени описываем следующими уравнениями [3,4]

$$\frac{dW_i(t)}{dt} = \sum_{j \in N_i^{ap}} Q_{ji}^{I_i}(t) - \sum_{j \in N_i^{B_i}} Q_{ji}^{B_i}(t) - Q_i^{III}(t) - Q_i^{II}(t), \quad t > t_0, \quad (2)$$

$$W_i(t_0) = W_i^0,$$

где $W_i(t)$ - объём воды i -го водохранилища в моменты времени t_k ; $Q_{ji}^{I_i}$ - расход воды притоков водохрани-

лищ; Q_{ji}^{B3} - расход воды водозаборов из водохранилищ;
 Q_i^{ITT} - интенсивность потери воды водохранилища;
 Q_i^{IloII} - расход пропуска воды из водохранилища.

Ограничения на режимы работы участков, водохранилищ и пунктов контроля и управления имеют вид [5]

$$\begin{aligned} W_i^{Y_{\min}} \leq W_i^Y \leq W_i^{Y_{\max}}, \\ W_j^{B_{\min}} \leq W_j^B \leq W_j^{B_{\max}}, \\ Q_n^{\min} \leq Q_n \leq Q_n^{\max}, \end{aligned} \quad (3)$$

где $W_i^{Y_{\min}}, W_j^{B_{\min}}, W_i^{Y_{\max}}, W_j^{B_{\max}}$ - минимальное и максимальное значения объемов воды участка реки и водохранилища. Эти величины определяются из морфометрических характеристик участка реки и водохранилища.

Основной целью оперативного управления водными ресурсами является фактическая реализация заданных расходов воды потребителей в каждый момент времени и обеспечение заданных объемов воды внутрисистемных водохранилищ к концу декады. Математически их можно сформулировать следующим образом [6]

$$\begin{aligned} W_i^B(T) = W_{in}^B, \quad i \in N_{BDX}^B, \\ Q_{ji}(t) = Q_{ji}^n, \quad i \in N^y, \quad j \in N_i^{B3}, \end{aligned} \quad (4)$$

где N_{BDX}^B - множество номеров внутри системных водохранилищ; N_i^{B3} - множество номеров (кодов) пункт контроля управления водозаборов i -го участка.

Практически точное выполнение равенств (4) невозможно, из-за неопределённости притоков воды к участкам и водохранилищам, параметров участка реки, а также сложностью переходных процессов находящихся на участках реки. Поэтому на практике применяются различные интегральные или минимальные критерии оперативного управления водными ресурсами.

Одним из интегральных критериев применяемых при оперативном управлении является объём дефицита водных ресурсов потребителей в интервале $[0, T]$ и в водохранилище в конце интервала, т.е. [7]

$$I_1 = \int_0^T \sum_{i \in N^y} \sum_{j \in N_i^{B3}} \eta_{ij}^1(t) dt + \sum_{i \in N_{BDX}^B} \eta_i^2, \quad (5)$$

где

$$\begin{aligned} \eta_{ij}^1(t) &= \begin{cases} Q_{ji}^n - Q_{ji}(t), & \text{если } Q_{ji}(t) < Q_{ji}^n, \\ 0, & \text{если } Q_{ji}(t) > Q_{ji}^n, \end{cases} \\ \eta_i^2(t) &= \begin{cases} W_{in}^B - W_i^B(t), & \text{если } W_i^B(T) < W_{in}^T, \\ 0, & \text{если } W_i^B(T) > W_{in}^T. \end{cases} \end{aligned}$$

Интегральный критерий (5) имея свою простоту и имеет свой недостаток при этом саму величину отклонения фактического режима от планового может быть значительно большими, поэтому часто применяется среднеквадратичное интегральное отклонение фактических параметров от их плановых, т.е. [8,9]

$$I_2 = \int_0^T \sum_{i \in N^y} \sum_{j \in N_i^{B3}} (Q_{ji}^n - Q_{ji}(t))^2 dt + \sum_{i \in N_{BDX}^B} (W_{in}^B - W_i^B(T))^2. \quad (6)$$

Таким образом, проблему оперативного управления водными ресурсами можно рассмотреть как задачу минимизации выбранного критерия качества системы описываемыми уравнениями (1), (2) заданной в графе сети водохозяйственной системы бассейна.

Кроме интегральных критериев могут быть применены следующий критерий оперативного управления [10,11]

$$\begin{aligned} |W_i^B(T) - W_{in}^B| \leq \varepsilon_1, \quad i \in N_{BDX}^B, \\ |Q_{ji}(t) - Q_{ji}^n| \leq \varepsilon_2, \quad i \in N_i^y, \quad j \in N_i^{B3}, \end{aligned} \quad (7)$$

где ε_1 и ε_2 - заданные положительные числа, характеризующие требования к точности оперативного управления водными ресурсами.

Решение сформулированных задач оперативного управления водными ресурсами на уровне бассейна реки необходимо применение современных методов решения задач оптимального управления сложными динамическими системами и средств компьютерной техники.

Разработана постановка задачи оперативного управления комплексом сооружений в водохозяйственной организации с учётом топологии водохозяйственной сети, особенностей участков канала и ГТС, которая включает усовершенствование существующих математических моделей моделирования оперативного управления объектами водохозяйственной организации. Разработаны алгоритмы моделирования оперативного управления комплексом сооружений в водохозяйственной организации, которые состоят из блоков, описывающих водохозяйственные объекты, последовательности моделирования и структурного представления водохозяйственных систем

Литература

- Архангельский В.А. Расчеты неустановившегося движения в открытых руслах. - М.-Л.: Изд.АН СССР, 1947, -С. 134.
- Атавин А.А. Расчет неустановившегося течения воды в разветвленных системах речных русел и каналов //Динамика сплошной среды. Вып.22.-Новосибирск: 1975,-С. 25-39.
- Атавин А.А., Васильев О.Ф., Воеводин А.Ф. Методы расчета неустановившихся течений в системах открытых русел и каналов //Численные методы механики сплошной среды. Т.6, №4.-Новосибирск: СО АН СССР, 1975, -С. 30-31.
- Атавин А.А. Расчет неустановившегося течения воды в разветвленных системах речных русел и каналов //Динамика сплошной среды. Вып.22.-Новосибирск: 1975. -С 25-39.
- Атавин А.А., Васильев О.Ф., Воеводин А.Ф., Шугрин С.М. Численные методы решения одномерных задач гидравлики. //Водные ресурсы, 1983, №4. -С.38-47.
- Воеводин А.Ф., Шугрин С.М. Численные методы расчета одномерных систем. -Новосибирск:«Наука», 1981,-С. 208.
- Жумамуратов Д.К. Математическая модель динамических процессов канала Суенли. -Ташкент: Сборник научных трудов САНИИРИ. 2006, -С.192-197.
- Рахимов Ш.Х., Управление системами машинного подъема. -Ташкент:«Фан» 1986,-С. 137.
- Бегимов И., Бутковский А.Г., Рожанский В.А. Моделирование сложных распределенных систем на основе структурной теории.Автоматика и телемеханика, 1981, №11, 168-181.
- Бегимов И., Бутковский А.Г., Рожанский В.А. Моделирование сложных распределенных систем на основе структурной теории. II. -Автоматика и телемеханика. 1981, №12, -С. 138-153.
- Бегимов И., Бутковский А.Г., Рожанский В.А. Структурное представление физически неоднородных систем. Автоматика и телемеханика, 1982, №5, -С. 25-35.

РЕЗЮМЕ

Истеъмолчиларга зарур бўлган ҳажмдаги сувни ўз вақтида етказиб беришнинг ишончлилигини таъминловчи сув ҳўжалиги ташкилотларида гидротехник иншоотлар комплексини оператив бошқаришни моделлаштириш масаласини ечишнинг дастурий

таъминотини, алгоритмини ва мавжуд математик моделлар такомиллаштирилган ҳамда янги математик моделлар ишлаб чиқилган, шунингдек, сув хўжалиги тизимининг структураларини, моделлаштиришнинг кетма-кетлиги ва сув хўжалигини тавсифловчи блоклардан ташкил топган гидротехник иншоотлар комплексини оператив бошқаришни моделлаштириш масаласини ечишнинг математик модели алгоритми ва дастурий таъминоти ишлаб чиқилган.

РЕЗЮМЕ

Совершенствование существующих и разработка новых математических моделей, алгоритмов и программных модулей решения задач моделирования оперативного управления комплексом гидротехнических сооружений в водохозяйственной организации, обеспечивают повышение надёжности своевременной доставки необходимых объёмов воды потребителям.

SUMMARY

Improvement of existing and working out the new mathematical models, algorithm and programmed modules of solving the problems of modeling the operational management by the complex of hydrotechnical erections in the water management organization provide increasing the reliability of timely supply of the required amount of water to consumers.

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ВОДЫ В МАГИСТРАЛЬНЫХ КАНАЛАХ ИРРИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Ш.Х.Рахимов – доктор технических наук, профессор

А.Ж.Сейтов – доктор философии технических наук, докторант
Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем

А.А.Кудайбергенов – стажёр-исследователь

Каракалпакский государственный университет имени Бердаха

Таянч сўзлар: оптимал бошқарув, методлар, канал, сув тақсимооти, оптималликининг зарурий шартлари.

Ключевые слова: оптимальное управление, методы, канал, водораспределение, необходимые условия оптимальности.

Key words: optimal control, methods, channel, water distribution, necessary optimality conditions.

Современная теория водораспределения (характеристики, качественные показатели, модели и методы водораспределения) в ирригационных системах, основана в основном на непрерывном обеспечении водой их потребителей и основывается на уравнениях неразрывности и количества движения потока воды в магистральном канале и непрерывности процессов в пространстве и во времени. В большинстве ирригационных систем в условиях наличия или дефицита воды режим водоподачи потребителям осуществляется дискретно во времени (в определённое время к определённому потребителю), поэтому параметры потока воды в таких системах зависят от дискретности работы сооружений.

В настоящее время с развитием теории оптимального управления сложными системами с различными характеристиками (сосредоточенными, распределительными, дискретными и др.) появилась возможность создания специальной теории оптимального распределения воды в ирригационных системах в условиях дискретности водоподачи потребителям. Современные компьютерные технологии и численные методы (сплайны, обобщённые функции, численные алгоритмы, базы данных и графические представления данных) позволяют создать специальные системы математического моделирования и оптимального распределения воды в ирригационных системах на основе развития теории управления сложными системами.

Функция и уравнения должны быть учтены при разработке математических моделей оптимального распределения воды, необходимых условий оптимальности по выбранным критериям распределения воды между водопотребителями и других составляющих теории оптимального распределения воды в ирригационных системах.

Рассмотрим постановку задачи оптимального распределения воды, на примере разработанных ранее математических моделей.

Модель прямой волны. Основная цель задачи является минимизация колебания расхода воды на участке магистрального канала при обеспечении подачи воды к боковым водозаборах управлением расходами воды в начале участка магистрального канала, т.е.

$$\min I = \min \int_0^T \int_0^l [Q(x,t) - Q^*]^2 dx dt, \quad (1)$$

При условиях

$$\begin{cases} \frac{\partial \omega(x,t)}{\partial t} + \frac{\partial Q(x,t)}{\partial x} = q(x,t), \\ q(x,t) = -\sum_{i=1}^N q_i \delta(x - a_i) l(t - T), \\ Q(x,0) = Q_0(x), \\ x \geq 0, \quad t \geq 0, \quad v > 0 \end{cases} \quad (2)$$

Управляющие воздействия имеют вид

$$Q(0,t) = Q_1(t) \quad (3)$$

Задача минимизация (1) при условии (2) с помощью управляющего воздействия (3) представляет собой задачу управления системами с распределёнными параметрами [1].

Поставляя решение $Q(x,t)$, определённой с помощью функции Грина [2], в (1) получим

$$\min I = \min \int_0^T \int_0^l \left[\int_0^t \int_0^l G(x,\xi,t-\tau) w(\xi,\tau) d\xi d\tau - Q^* \right]^2 dx dt, \quad (4)$$

Далее поставляя стандартизирующую (8) из [2] в (4), получим

$$\min \int_0^T \int_0^l \left[\int_{t_0}^t \int_0^l G(x,\xi,t-\tau) (q(\xi,\tau) + \right. \quad (5)$$

$$\left. + Q_0(\xi) \delta(\tau) + v Q_1(\tau) \delta(\xi) \right) d\xi d\tau - Q^* \right]^2 dx dt$$

С учётом вида функции Грина, $q(x,t)$ и при $Q_0(x) = 0$ и, рассматривая функцию $Q_1(t)$ в виде ступенчатой функции, минимум функционала (5) достигается при управлении

$$Q_1(t) = \sum_{i=1}^N q_{N-i} l \left(t - \sum_{k=1}^i \tau_{N-k} \right). \quad (6)$$

При этом решение уравнения (6) запишется в аналитическом виде

$$\begin{aligned} Q(x,t) = & -\sum_{i=1}^N q_i l(x - a_i) l(v(t - T) - (x - a_i)) + \\ & + l(t - vx) \sum_{i=1}^N q_{N-i} l \left(t - \sum_{k=1}^i \tau_{N-k} \right) \end{aligned}$$

Физический смысл данного решения заключается в том, чтобы обеспечить изменения расходов воды в боковых водозаборах, в разных створах магистрального канала, необходимо заранее изменить расход воды в начале участка.