

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА ТИПОВЫХ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

Аннотация. В статье разрабатываются математические модели участков магистрального канала и водохранилища сезонного регулирования, основанные на нелинейных дифференциальных уравнениях Сен-Венана, описывающих нестационарное движение водного потока в них. Также приведена алгоритмическая последовательность определения режимов работы гидротехнического сооружения, с помощью которой можно управлять водными ресурсами магистрального канала, что удовлетворяет потребности водопользователей с минимальными потерями водных и энергетических ресурсов.

Annotatsiya. Maqolada magistral kanal bo'limlari va mavsumiy tartibga solish suv omborining matematik modellari, ularda suv oqimining statsionar bo'lmagan harakatini tavsiflovchi Sen-Venanning chiziqli bo'lmagan differentsial tenglamalari asosida ishlab chiqilgan. Gidrotexnika inshootining ish rejimlarini aniqlashning algoritmik ketma-ketligi ham berilgan, uning yordamida magistral kanalning suv resurslarini boshqarish mumkin, bu suv va energiya resurslarining minimal yo'qotilishi bilan suvdan foydalanuvchilarning ehtiyojlarini qondiradi.

Annotation. The article develops mathematical models of the sections of the main canal and the reservoir of seasonal regulation, based on the non-linear differential equations of Saint-Venant, describing the unsteady movement of the water flow in them. An algorithmic sequence for determining the operating modes of a hydraulic structure is also given, using which it is possible to manage the water resources of the main canal, which meets the needs of water users with a minimum loss of water and energy resources.

Математические модели водохранилища для системы автоматизации выбираются из основных технологических требований управления водными ресурсами водохранилища.

Основными задачами управления водными ресурсами водохранилища являются:

- определение фактического объема воды в момент наблюдения;
- реализация диспетчерских графиков управления водохранилищами;
- расчет фактических значений расходов воды во всех притоках к водохранилищам в момент наблюдения и прогноз их значений на расчетный период;
- расчет фактических значений расходов воды всех водовыпусков к водохранилищам.

Для решения указанных задач в системе автоматизации, сбора и обработки данных на водохранилищах необходимо:

- телеизмерение уровней, положения затворов плотин и водовыпусков (при необходимости минерализации) воды;
- непрерывный сбор, хранение и обработка измеренных данных на компьютерах водохранилища и диспетчерского пункта.

Для реализации этих функций на каждый затвор водохранилища устанавливаются датчик положения затвора, датчики для измерения уровней воды на водохранилище и нижних бьефах водовыпусков, и при необходимости — датчик для измерения качества воды (например, кондуктометр).

Обработка полученной информации от этих датчиков осуществляется интеллектуальными технологическими контроллерами, которые через свои модули ввода и вывода полученную информацию обрабатывают и хранят в компьютере.

Объекты водохранилища оборудуются оборудованием системы автоматизации, сбора и обработки данных. Устанавливаются датчики положения затворов на всех затворах и датчики уровней воды.

Основными измеряемыми технологическими параметрами

водохранилища являются:

- открытие затворов гидротехнических сооружений;
- уровень воды водохранилища;
- уровни воды притоков;
- уровни воды нижнего бьефа водовыпусков;
- электропроводимость воды, как косвенный параметр для оценки качества водных ресурсов.

Для реализации функции телеизмерения этих параметров устанавливаются технологические датчики. Расход воды рассчитывается по уровню воды на градуированных гидропостах или по расходной характеристике гидротехнического сооружения.

Изменение объемов воды в водохранилище во времени описывается следующим дифференциальным уравнением [1]:

$$\frac{dW^B}{dt} = \sum_{j \in N^{IP}} Q_j^{IP} - \sum_{j \in N^{B3}} Q_j^{B3} - Q^{\Pi} - Q^{\Pi\Pi},$$

$$W^B(0) = W_0^B, \quad W^B = F_w(H^B), \quad S^B = F_s(H^B), \quad t \in [0, T] \quad (1)$$

где W^B – объем воды водохранилища в момент времени t ; Q_j^{IP} и Q_j^{B3} – расходы воды j -го притока и водозабора из водохранилища; Q^{Π} – интенсивность потерь воды в водохранилище; $Q^{\Pi\Pi}$ – расход попуска воды из водохранилища; S^B – площадь зеркала водохранилища, $F_w(H^B)$ – объемная характеристика водохранилища, $F_s(H^B)$ – площадная характеристика водохранилища.

Многие водохранилища предназначены для комплексного назначения, в состав которых входят гидроэлектростанции. Для таких водохранилищ в модели необходимы описания энергетических режимов.

Выработка электроэнергии гидроэлектростанцией описывается выражением: [2]

$$\mathcal{E}_{ГЭС}^B = 9,81 \eta \int_0^t \Delta H^B(\tau) Q_{ГЭС}(\tau) d\tau, \quad (2)$$

где $\Delta H(t)$ – изменение напора во времени, $Q_{ГЭС}(t)$ – расход воды, протекающей через турбины гидроэлектростанции, η – коэффициент полезного действия турбины ГЭС.

В связи с нелинейностью дифференциального уравнения (1) и сложностью различных изменений режимов работы водозаборов и гидротехнических сооружений в процессе управления водными ресурсами точные аналитические решения этих уравнений отсутствуют, поэтому применяются методы приближенных решений этих задач, основанных на численных методах.

Многие численные методы имитационного моделирования основаны на дискретном представлении уравнений в (1), описываемыми обыкновенными дифференциальными уравнениями.

Дискретный аналог балансового уравнения (1) аппроксимированный с помощью явной разностной схемы записывается следующим образом: [3,11]

$$\begin{aligned} W^{B0} &= W_0^B; \\ W^{Bk+1} &= W_i^{Bk} + \left(\sum_{j \in N_j^p} Q_j^{PPk} - \sum_{j \in N_j^B} Q_j^{B3k} - Q^{Пк} - Q^{ПОПк} \right) \Delta t_k \\ H^{k+1} &= F_w^{-1}(W^{Bk+1}); \\ S^{k+1} &= F_s(H^{Bk+1}); \quad k = 1, 2, \dots \end{aligned} \quad (3)$$

Верхние индексы $k+1$ и k – означают, что соответствующие переменные берутся в моменты t_{k+1} и t_k , $\Delta t_k = t_{k+1} - t_k$ – шаг дискретизации по времени.

Выработка электроэнергии гидроэлектростанцией за период $\Delta t_k = t_{k+1} - t_k$ определяется следующим образом: [4,10,9]

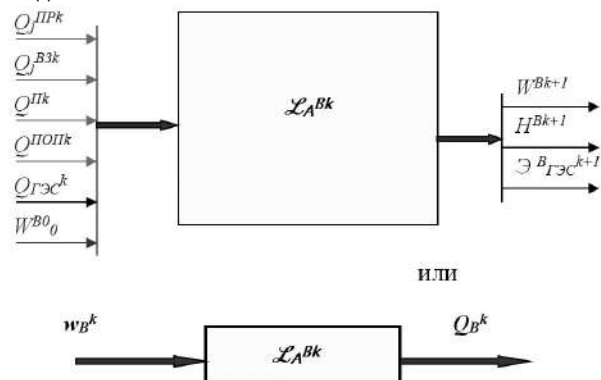
$$\mathcal{E}_{ГЭС}^{Bk+1} = 9,8 \ln \int_{t_k}^{t_{k+1}} \Delta H^B(\tau) Q_{ГЭС}(\tau) d\tau, \quad (4)$$

где $\Delta H(t)$ – изменение напора во времени, $Q_{ГЭС}(t)$ – расход воды, протекающей через турбины гидроэлектростанции, η – коэффициент полезного действия турбины ГЭС.

Таким образом, зная Q_j^{PPk} , Q_j^{B3k} , $Q^{Пк}$, $Q^{ПОПк}$, $Q_{ГЭС}^k$ и W_0^B и решая уравнение (1) по выражениям, приведенным в (3 и 4), можно определить W^{Bk+1} , H^{Bk+1} и $\mathcal{E}_{ГЭС}^{Bk+1}$ и структурно представить в виде блока (Рисунок 2.2).

Здесь $W^{Bk} = \{ Q_j^{PPk}, Q_j^{B3k}, Q^{Пк}, Q^{ПОПк}, Q_{ГЭС}^k \text{ и } W_0^B \}$, и $Q^{Bk+1} = \{ W^{Bk+1}, H^{Bk+1} \text{ и } \mathcal{E}_{ГЭС}^{Bk+1} \}$ – последовательность входных и выходных сигналов блока соответствующего водохранилища.

$\mathcal{L}^{Bk}$ – алгоритмический оператор, связывающий последовательность входных сигналов с последовательностью выходных сигналов.



Здесь отметим переменные, соответствующие в момент k и являющиеся измеряемыми или рассчитываемыми параметрами.

Режимы наполнения и сброски водохранилища определяются из прогнозных притоков и заданных режимов водопотребления для каждого водохранилища. Исходя из этих режимов определяются для каждого водохранилища диспетчерские графики наполнения и сброски.

Диспетчерские графики водохранилища состоят из линии минимального гарантированного обеспечения водопотребителей, режима максимального наполнения и зоной гарантированного обеспечения водой потребителей. Диспетчерские графики водохранилища в зависимости от типов водохранилища могут быть разными, например диспетчерские графики многолетнего водохранилища отличаются от диспетчерских графиков водохранилища сезонного регулирования. Для многолетнего водохранилища диспетчерские графики строятся за несколько лет, т.е. в период регулирования водных ресурсов, а сезонного регулирования – за один год. Задачей оперативного управления водными ресурсами водохранилища является по возможности максимальное обеспечение водопотребителей водохранилища из условия нахождения режимов водохранилища в зоне.

В [5] приведены определение графика наполнения и сброски в результате оптимизации режимов работы водохранилища, который заключается в выборе таких управляющих воздействий на водохранилище, при которых обеспечивался бы график водоподачи и при этом потери воды на испарение и фильтрацию с зеркала водохранилища были бы минимальными.

На рис. 2. приведен диспетчерский график Талимарджанского водохранилища.

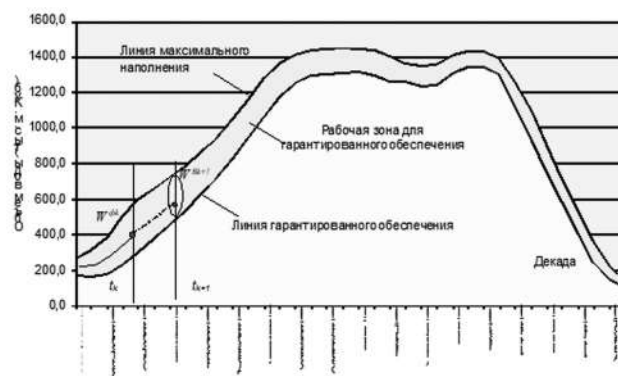


Рис. 2 – Диспетчерский график управления Талимарджанского водохранилища

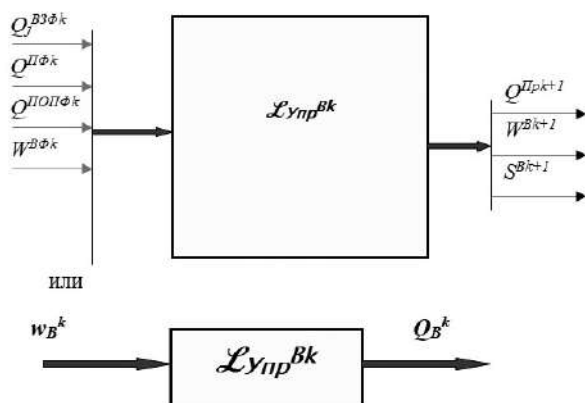
При оперативном управлении водными ресурсами водохранилищами в системах автоматизации необходимо определить режимы водохранилища к следующему периоду времени, например, для следующей декады, по условию нахождения в области гарантированного обеспечения водопотребления.

Режим работы водохранилища определяется следующим образом: (рис. 2) [6,7,8]

$$\begin{aligned} Q^{PPk+1} &= \frac{W^{Bk+1} - W^{BФk}}{\Delta t_k} - Q_j^{ПФk} - \sum_{j \in N_j^B} Q_j^{B3Фk} - Q^{ПОПФk} \\ H^{k+1} &= F_w^{-1}(W^{Bk+1}); \\ S^{k+1} &= F_s(H^{Bk+1}); \end{aligned} \quad (5)$$

где W^{Bk+1} – объем воды водохранилища, устанавливаемый в момент времени $k+1$; $Q_j^{ПФk}$ и $Q_j^{B3Фk}$ – фактические расходы воды j -го притока и водозабора водохранилища в момент времени k ; $Q^{ПФk}$ – интенсивность потерь воды в водохранилище; $Q^{ПОПФk}$ – расход пропуска воды из водохранилища;

S^{Bk+1} – площадь зеркала водохранилища; $F_w(H^B)$ – объемная характеристика водохранилища; $F_s(H^B)$ – площадная характеристика водохранилища. W_i^{Bk+1} – объем воды водохранилища, устанавливаемый в момент времени, определяется из условия минимума потерь на фильтрацию в случае, если водные ресурсы водохранилища покрывают все расходы воды потребителей. Если не покрывают, то объем воды водохранилища устанавливается из минимального значения по диспетчерскому графику.



Таким образом, зная $Q_j^{B3Фk}$, $Q^{ПФk}$, $Q^{ПОПФk}$ и $W^{ВФk}$ по выражениям в (4) можно определить $Q^{Прk+1}$, $W^{Вk+1}$ и S^{Bk+1} и структурно представить в виде блока (Рис. 3).

Здесь $w^{Bk} = \{Q_j^{B3Фk}, Q^{ПФk}, Q^{ПОПФk}, W^{ВФk}\}$, и $Q^{Bk+1} = \{Q^{Прk+1}, W^{Вk+1}, S^{Bk+1}\}$ – последовательность входных и выходных сигналов

блока соответствующего водохранилища.

$\mathcal{L}_{ynp}^{Bk}$ алгоритмический оператор, связывающий последовательность входных сигналов модели с последовательностью выходных сигналов управления.

Тогда процесс оперативного управления водными ресурсами водохранилища в системе автоматизации можно представить в виде схемы, приведенной на рисунке 3.

Из выше указанных исследований можно сделать следующие выводы: разработаны математические модели участков магистрального канала и водохранилища сезонного регулирования, основанные на нелинейных дифференциальных уравнениях Сен-Венана, описывающие неустановившиеся движения потока воды в них; Определена алгоритмическая последовательность определения режимов работы гидротехнического сооружения, использованием которых можно осуществить управление водными ресурсами магистрального канала, обеспечивающее потребности водопользователей с минимумом потерь водных и энергетических ресурсов.

Айбек СЕЙТОВ,

д.т.н. по философии,

Маматкобил ЭСОНТУРДИЕВ,

ст.преподаватель,

Мухтор ЮСУПОВ,

преподаватель,

Чирчикский Государственный педагогический университет,

Данияр ЖУМАМУРАТОВ,

к.т.н., доцент,

Нукусский филиал Навоийского горного института

ЛИТЕРАТУРА

1. Rakhimov, S., Seytov, A., Nazarov, B., Buvabekov, B., Optimal control of unstable water movement in channels of irrigation systems under conditions of discontinuity of water delivery to consumers. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 883 (2020) 012065, Dagestan, 2020, IOP Publishing DOI:10.1088/1757-899X/883/1/012065 (№5, Scopus, IF=4,652)
2. A. Kabulov, I. Normatov, A. Seytov and A. Kundaybergenov, "Optimal Management of Water Resources in Large Main Canals with Cascade Pumping Stations," 2020 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS), Vancouver, BC, Canada, 2020, pp. 1-4, DOI: 10.1109/IEMTRONICS51293.2020.9216402 (№ 5, Scopus, IF= 9.936).
3. Shavkat Rakhimov, Aybek Seytov, Nasiba Rakhimova, Bahrom Xonimqulov. Mathematical models of optimal distribution of water in main channels. 2020 IEEE 14th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT), INSPEC Accession Number: 20413548, IEEE Access, Tashkent, Uzbekistan, DOI:10.1109/AICT50176.2020.9368798 (AICT) pp. 1-4, (№ 5, Scopus, IF=3,557)
4. A.V. Kabulov, A.J. Seytov, A.A. Kundaybergenov, Classification of mathematical models of unsteady water movement in the main canals of irrigation systems, International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 7, Issue 4 , April 2020, ISSN: 2350-0328, India, pp. 13392- 13401. (№ 5, Web of science, IF=3,98)
5. Sh.Kh.Rakhimov, A.J. Seytov, A.A. Kundaybergenov, Optimal control of unsteady water movement in the main canals. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 7, Issue 4 , April 2020, India, ISSN: 2350-0328, pp. 13380-13391. (№ 6, Web of science, IF=3,98).

УЎТ: 631.319.06

НИШАБЛИ ДАЛАЛАРДА ЖОЙЛАШГАН ИНТЕНСИВ БОҒЛАРДА СУВ ЭРОЗИЯСИНИ КЕЛТИРИБ ЧИҚАРАДИГАН ОМИЛЛАР

Аннотация. Мақолада нишабли далалар ва уларда жойлашган интенсив боғларда бўладиган сув эрозияси ва унинг оқибатида тупроқнинг ювилиб кетиши сабаблари ҳамда бунинг олдини олишнинг технологик ва техник ечимини ишлаб чиқиш бўйича олиб борилган тадқиқот натижалари келтирилган.