

УДК 332.1:004.414

ББК 65.9(2)+73

Ж-53

Жемухов Руслан Шихарбиевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры математического анализа и теории функций ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный университет», КБР, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173; тел.: 8(8662)77-01-08;

Жемухова Марина Мухамедовна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры машин и аппаратов пищевых производств ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный университет», КБР, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173; тел.: 8(8662)77-01-08;

Алоев Толя Баширович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автоматизированных информационных технологий ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный университет», КБР, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173; тел.: 8(8662)77-01-08;

Асланова Елена Михайловна, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры математического анализа и теории функций ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный университет», КБР, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173; тел.: 8(8662)77-01-08.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСЧЕТОВ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

(Часть I)

(рецензирована)

В работе рассматривается задача автоматизации водохозяйственных расчетов. Предложен подход к решению задачи, при котором имитационное моделирование осуществлено на основе агрегативного подхода. Предложена методика автоматизации водохозяйственных расчетов.

Ключевые слова: имитационное моделирование, автоматизация водохозяйственных расчетов, диспетчерский график, агрегативный подход.

Zhemukhov Ruslan Shikharbievich, Candidate of Technical Sciences, associate professor of the Department of Mathematical Analysis and Theory of Functions of FSBEI HPE «Kabardino-Balkaria State University»; tel.: 8 (8662) 77-01-08;

Zhemukhova Marina Mukhamedovna, Candidate of Technical Sciences, associate professor of the Department of Machinery and Equipment for Food Production of FSBEI HPE «Kabardino-Balkaria State University»; tel.: 8 (8662) 77-01-08;

Aloev Tolya Bashirovich, Candidate of Technical Sciences, associate professor of the Department of Automated Information Technologies of FSBEI HPE «Kabardino-Balkaria State University»; tel.: 8 (8662)77-01-08;

Aslanova Elena Michailovna, Candidate of Physics and Mathematics, assistant professor of the Department of Mathematical Analysis and Theory of Functions of FSBEI HPE «Kabardino-Balkaria State University»; tel.: 8 (8662) 77-01-08;

AUTOMATION OF WATER CALCULATION AT A REGIONAL LEVEL (PART I)

(reviewed)

The problem of automation of water calculation has been considered. An approach to solving the problem, in which the simulation carried out on the basis of aggregative approach has been offered. The method of automation of water calculation has been suggested.

Keywords: simulation, automation of water calculation, dispatching schedule, aggregative approach.

В настоящее время, как при планировании развития орошения, так и при оценке водохозяйственных балансов с учетом антропогенных изменений климата, выполняются водохозяйственные расчеты. Сложность водохозяйственных систем, правил управления водными и земельными ресурсами, системами водохранилищ и т.п., делают актуальной задачу автоматизации водохозяйственных расчетов.

В работе рассматривается один из возможных подходов к решению этой задачи.

Известно [1; 2; 3; 4; 7], что основной метод решения этих задач – имитационное моделирование. Но вместе с тем, сложность водохозяйственных систем обуславливает необходимость унификации моделирующих алгоритмов элементов водохозяйственных систем.

Рассмотрим более подробно технологию автоматизации водохозяйственных расчетов.

Моделирование функционирования водохозяйственной системы (ВХС) проводится на периоде времени T , который поделен на интервалы продолжительностью Δt_i ($i = \overline{1, T}$). С этой разбивкой времени и задана исходная информация.

Имитационная модель, предлагаемая в настоящей работе, базируется на агрегативном подходе [5]. Этот подход позволяет унифицировать описание элементов ВХС и автоматизировать водохозяйственные расчеты. При этом изучаемая система представляется в виде совокупности взаимосвязанных элементов, описываемых как кусочно-линейные агрегаты (КЛА).

Взаимодействие элементов в процессе функционирования рассматривается как результат совокупности воздействий сигналов каждого элемента на другие элементы. Поэтому, взаимодействие элементов ВХС как сложной системы, представляется как механизм обмена сигналами. По каналам связи сигналы передаются мгновенно и без искажений.

В имитационной модели ВХС выделяются основные элементы системы и схема их сопряжения, отображающие взаимодействие элементов в процессе функционирования.

Таким образом, рассматриваемая система моделируется с помощью элементов «водохранилище», «створ», «генератор», «внешняя среда» и «устройство управления» аналогично [1].

«Створ» – представляет собой элемент, соответствующий используемому в проектировании водохозяйственному створу, к которому условно привязаны орошаемые массивы и моделируют распределение водных ресурсов между ними по определенным правилам.

«Водоохранилище» – соответствует водохранилищу в ВХС, служит для подачи воды в недостаточные по водности периоды и аккумуляции её в избыточные по водности периоды.

Элемент «генератор» моделирует в общем случае ряды речного стока и водопотребности для каждого элемента «створ» в каждый интервал времени для рассматриваемого периода.

«Внешняя среда» – конечный элемент, на котором замыкается водный поток.

Элемент «Устройство управления» предназначен для совместного управления водохранилищами при переменных потребностях в водных ресурсах пользователей системы.

Структура имитационной модели ВХС представлена в виде трёх взаимодействующих подсистем (рис. 1) – генератора входных сигналов (ГВС) – модели водно-ресурсной системы (ВРС), имитирующей прохождение водных потоков через участки водотоков, водохранилища и устройства управления (УУ), осуществляющего согласованное управление элементами системы.

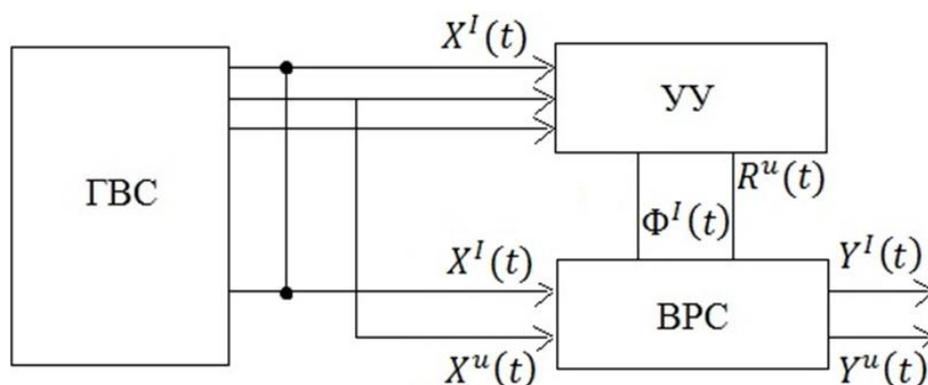


Рис. 1. Структура имитационной модели ВХС

Здесь ГВС представляет собой элемент «генератор», ВРС – совокупность элементов «створ» и «водохранилище», а также элемента «внешняя среда».

Опишем кратко динамику и алгоритм работы каждого элемента системы.

Моделирование совместного управления водохранилищами ВХС в соответствии со спецификой агрегативного подхода представляется как процесс обмена информационными и управляющими сигналами между ГВС, ВРС и УУ. В соответствии с этим, в каждый момент системного времени t при возникновении очередного события на элементах ВХС выделяются два такта – информационный (индекс I) и управляющий (индекс U). На информационном такте от ГВС на УУ и ВРС поступают информационные сигналы $X^I(t)$, где $X^I(t)$ представляет собой расходы воды.

Во время управляющего такта на входы элементов ГВС поступает сигнал $X^U(t)$, который преобразуется в сигнал $Y^U(t)$ и формируется сигнал, «запи-рающий» систему для нового информационного такта в следующий момент системного времени.

Показатели функционирования системы подсчитываются на управляющем такте работы модели.

Рассмотрим более подробно алгоритм работы каждого элемента системы.

«Створ». Основное уравнение для элемента «створ» отражает динамику поступления и расходования воды в I створе, т.е.

$$\pi_i^l(t) = \sum_k \gamma^{kl}(t) \quad (1)$$

Здесь $\pi_i^l(t)$ – приток водных ресурсов к I створу, γ^{kl} – потребление водных ресурсов k – пользователем, α_i^{kl} – заявка k -го пользователя.

В элементе «створ» моделируются ситуации: избыток водных ресурсов, когда все пользователи получают воду в соответствии с заявками, и дефицит водных ресурсов, когда распределение водных ресурсов ведется по приоритетам. В случае избытка водных ресурсов

$$\sum_k \alpha_i^{kl} \leq \pi_i^l(t), \gamma_i^{kl} \geq \alpha_i^{kl} \quad (2)$$

При дефиците водных ресурсов, т. е. если

$$\sum_k \alpha_i^{kl} \leq \pi_i^l(t) \quad (3)$$

заявки пользователей ограничиваются и определяется дефицит водных ресурсов

$$\alpha_i^{kl} = \alpha_i^{kl} - \gamma_i^{kl}(t) \quad (4)$$

Водохранилище. Динамика работы n -го водохранилища в каждый момент времени t описывается балансовым соотношением:

$$W_i^{pn}(t) = W_i^{pn}(t^0) + [\pi_i^n(t) - P_i^n(\hat{W}_i^{pn}(t), t) - Q_i^{pn}(t)](t - t^0) \quad (5)$$

при ограничениях:

$$W_{\min}^n \leq v_i^{pn}(t) \leq (W_i^{pn}(t), W_i^{pn}(t^0)) \leq v_i^{p+1,n}(t) \leq W_{\max}^n$$

$$t_{i-1} \leq t^0 < t \leq t_i \quad (6)$$

Здесь $W_i^{pn}(t), W_i^{pn}(t^0)$ – наполнение n -го водохранилища в моменты времени t и t^0 , соответствующее диспетчерской зоне с номером p ; t_{i-1}, t_i соответственно моменты начала и окончания i – временного интервала, W_{\max}^n – емкость водохранилища; W_{\min}^n – «мертвый» объем водохранилища; $P_i^n(\hat{W}_i^{pn}(t), t)$ – функция потерь воды из водохранилища на испарение и фильтрацию; $Q_i^{pn}(t)$ – расход воды из водохранилища, определяемый следующим образом:

$$Q_i^{pn}(t) = \begin{cases} F(W_i^{pn}(t)), W_{\min}^n < W_i^{pn}(t) < W_{\max}^n, \\ \pi_i^n(t) - P_i^n(\hat{W}_i^{pn}(t), t), W_i^{pn}(t) = W_{\max}^n \\ \text{или } W_i^{pn}(t) = W_{\min}^n \end{cases} \quad (7)$$

$\pi_i^n(t)$ – приток воды в водохранилище; $v_i^{pn}(t)$ – уравнение диспетчерской линии:

$$v_i^{pn}(t) = v_i^{pn} + \frac{v_{i+1}^{pn} - v_i^{pn}}{\Delta t_i} (t - t_i) \quad (8)$$

где $i = (\overline{0, I-1})$, а $P = (\overline{1, P})$ – ордината диспетчерской линий.

Литература:

1. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М.: Наука. 1977. 399 с.
2. Голубятникова Н.А., Жемухов Р.Ш., Шнайрман В.М. Планирование использования водных и земельных ресурсов оросительной системы с учетом антропогенных воздействий // Водные ресурсы. 1995. Т. 24, №4. С. 454-459.

3. Жемухов Р.Ш. Система математических моделей для управления водными и земельными ресурсами оросительной системы с учетом экономических показателей и экологических последствий // Известия КБНЦ РАН. 2005. №2(14). С. 14-20.

4. Жемухов Р.Ш. Система математических моделей для управления водными и земельными ресурсами оросительной системы в условиях антропогенного изменения климата: материалы Второй междунар. конф. «Моделирование устойчивого регионального развития». Т. 2. Нальчик, 2007. С. 180-184.

5. Жемухов Р.Ш. Моделирование ирригационной водопотребности для водохозяйственных расчетов в условиях изменений климата // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2003. №6. С. 38-43.

6. Жемухов Р.Ш. Многокритериальный выбор стратегии водопользования оросительной системы // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2003. №6. С. 43-49.

7. Жемухов Р.Ш. Антропогенное изменение климата и управление водными и земельными ресурсами оросительной системы // Известия КБНЦ РАН. 2003. №2(10). С. 1-2.

8. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Водохозяйственные расчеты. Л.: Гидрометеиздат. 1952. 392 с.

9. Шнайдман В.М. Проведение водохозяйственных расчетов с помощью агрегативной имитационной модели // Водные ресурсы. 1988. №3. С. 124-131.

References:

1. Buslenko N.P. *Modeling of complex systems*. M.: Nauka, 1977. P. 399.

2. Golubyatnikova N.A., Zhemukhov R. Sh., Schneidman V.M. *Planning for the use of water and land resources of the irrigation system, taking into account anthropogenic influences // Water resources*. 1995. V. 24, № 4. P. 454-459.

3. Zhemukhov R. Sh. *System of mathematical models for the management of land and water resources of the irrigation system based on economic indicators and environmental impacts // News of KBSC RAS*. 2005. №2 (14). P.14-20.

4. Zhemukhov R. Sh. *System of mathematical models for the management of land and water resources of the irrigation system in the conditions of anthropogenic climate change // Proceedings of the Second International Conference «Modelling of sustainable regional development»*. V. 2. Nalchik, 2007. P.180-184.

5. Zhemukhov R. Sh. *Simulation of irrigation water demand for water calculations in terms of climate change // Proceedings of the universities. North-Caucasus Region. Natural sciences*. 2003. № 6. P. 38-43.

6. Zhemukhov R. Sh. *Multi-criteria selection of the strategy of water resources of the irrigation system // Proceedings of the universities. North-Caucasus region. Natural sciences*. 2003. № 6. P.43-49.

7. Zhemukhov R. Sh. *Anthropogenic climate change and management of land and water resources of the irrigation system // Proceedings of KBSC RAS*. 2003. № 2 (10). P. 1-2.

8. Kritskii S.N., Menkel M.F. *Water management calculations*. L.: Gidrometeoizdat. 1952. 392 p.

9. Schneidman V.M. *Doing water calculations using aggregate simulation model // Water Resources*. 1988. № 3. P. 124-131.