

ЙИРИК МАГИСТРАЛ КАНАЛЛАРИНИНГ СУВ РЕСУРСЛАРИНИ ТАҚСИМЛАШ МАСАЛАСИНИНГ МАТЕМАТИК МОДЕЛЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ

А.А.Қудайбергенов – техника фанлари бўйича фалсафа доктори, доцент

Бердақ номидаги Қорақалпоқ давлат университети

Таянч сўзлар: математик модел, Сен-Венан, оптимал бошқарув, магистрал канал, сув тақсими, оптималлиқнинг зарурий шартлари.

Ключевые слова: математическая модель, Сен-Венан, оптимальное управление, магистральный канал, водораспределение, необходимые условия оптимальности.

Key words: mathematical model, Saint-Venant, optimal control, magistral channel, water distribution, necessary optimality conditions.

Кириш. Ирригация каналлари қисмида сув оқимининг беқарор ҳаракатининг математик модели учун Сен-Венан тенгламаларининг бир ўлчовли системаси билан тавсифланади [3, 4, 8, 9, 10, 11, 13]. “Дўстлик” магистрал канали орқали «Қызқеткен-Кегейли» ва «Куанышжарма» ирригация тизимига қарашли каналлар сув билан таъминланади. Ушбу ирригация тизимларига тегишли каналлар турли хил гидравлик параметрларга эга бўлган 8 қисмларида 4 бош регулятор, 8 гидроузел, 7 сув чиқариш жойлари ва 4 ҳалокатли сув чиқариш жойлари мавжуд. Ирригация тизимининг каналлар қисмлари ўз аро ясси тўсинли гидротехника иншоотлари билан боғланган. Тўсувчи иншоотларнинг ишлаш режимлари асосан сув тушувчи юқори ва қуйи бьефнинг сув сатҳларига ҳамда гидротехника иншоотлари тўсинларининг очилишига боғлиқ бўлади.

Моделлар ва натижалар. Очик магистрал каналлар қисмларидаги сув оқими беқарор ҳаракатининг математик модели импульс ва массанинг сақланиш қонуни шаклида Сен-Венаннинг гиперболик типдаги хусусий ҳосилалари дифференциал тенгламалар системаси билан тавсифланади [1, 2, 12]:

$$\begin{cases} B_i \frac{\partial Z_i}{\partial t} + \frac{\partial Q_i}{\partial x_i} = q_i, \\ \frac{1}{g\omega_i} \left(\frac{\partial Q_i}{\partial t} + 2v \frac{\partial Q_i}{\partial x_i} \right) + \left[1 - \left(\frac{v_i}{c_i} \right)^2 \right] \frac{\partial Z_i}{\partial x_i} = \\ = \left[i_i + \frac{1}{B_i} \left(\frac{\partial \omega_i}{\partial x_i} \right)_{h_i = \text{const}} \right] \left(\frac{v_i}{c_i} \right)^2 - \frac{Q_i |Q_i|}{K_i^2}, \end{cases} \quad (1)$$

(1) тенгламанинг характеристик шакли қуйидагича [5]:

$$\begin{cases} \frac{\partial Q_i}{\partial t} + (v_i \mp c_i) \frac{\partial Q_i}{\partial x_i} - B_i (v_i \pm c_i) \left[\frac{\partial Z_i}{\partial t} + (v_i \mp c_i) \frac{\partial Z_i}{\partial x_i} \right] = \\ = \left(\varphi_i - \frac{Q_i |Q_i|}{K_i^2} \right) g\omega_i - (v_i \mp c_i) q_i, \end{cases} \quad (2)$$

бу ерда $\varphi_i = \left[i_i + \frac{1}{B_i} \left(\frac{\partial \omega_i}{\partial x_i} \right)_{h_i = \text{const}} \right] \left(\frac{v_i}{c_i} \right)^2$.

(2) математик тенглама асосида объектнинг ҳолатини моделлаштириш учун тенгламанинг ечимлар соҳасини тавсифлаш, бошланғич ва чегара шартларини шакллантириш керак.

Бу чегаравий масалаларни сонли ечиш учун тенгламалар системасини характеристик қўринишда ёзиш қулай [6].

Матрицали тенгламаларнинг асосий системаси учун характеристик шакли ёзилиши қуйидагича:

$$S_i \frac{\partial \mathbf{U}_i}{\partial t} + \Lambda_i S_i \frac{\partial \mathbf{U}_i}{\partial x_i} = \mathbf{F}_i(\mathbf{U}_i, K_i), \quad (3)$$

бу ерда

$$S_i = \begin{pmatrix} 1 & -B_i(v_i + c_i) \\ 1 & -B_i(v_i - c_i) \end{pmatrix}, \quad \mathbf{U}_i = \begin{pmatrix} Q_i \\ Z_i \end{pmatrix},$$

$$\Lambda_i = \begin{pmatrix} v_i - c_i & 0 \\ 0 & v_i + c_i \end{pmatrix}, \quad \mathbf{F}_i = B_i i_i v_i^2 - g\omega_i \frac{Q_i |Q_i|}{K_i^2} - (v_i \mp c_i) q_i.$$

Бошланғич шартлар қуйидагича ёзилади:

$$\begin{aligned} Q_i(x_i, t_0) &= Q_{i0}(x_i), \\ Z_i(x_i, t_0) &= Z_{i0}(x_i), \\ 0 \leq x_i \leq \ell_i, \quad i &= 1, \dots, 8, \end{aligned} \quad (4)$$

бу ерда $Q_{i0}(x_i)$ ва $Z_{i0}(x_i)$ – маълум функциялар; t_0 – вақтнинг бошланғич қиймати [7].

Канал қисмлари нукталаридаги чегаравий ички шартлар қуйидагича ёзилади.

1-қисм учун чегаравий шартлар “Қызқеткен-Кегейли” ирригация тизимига қарашли ПК-00 “Бош иншоот (эски)” ва “ПК-00 Бош иншоот (янги)” гидротехника иншоотларидан ПК-252 “Развилка” гидротехника иншоотига оралиғидаги “Дўстлик” магистрал канали қисмининг сув сарфлари қуйидаги ифодалар қўринишида ёзилади:

$$\begin{aligned} Q_i(0, t) &= \sum_{j=1}^2 \mu_i^j(0) a_i^j(0, t) b_i^j(0) \sqrt{2g [Z_{u_i}^j(0, t) - Z_{d_i}^j(0, t)]}, \\ Q_i(\ell_i, t) &= \sum_{j=1}^5 \mu_i^j(\ell_i) a_i^j(\ell_i, t) b_i^j(\ell_i) \sqrt{2g [Z_{u_i}^j(\ell_i, t) - Z_{d_i}^j(\ell_i, t)]} + q_i^1(t). \end{aligned} \quad (5)$$

(5) чегара шартлардаги қўйи индекслар канал қисмининг тартиб рақамларини, юқориги индекслар эса канал қисмининг бошида ёки охирида жойлашган иншоотларнинг рақамларини ифода қилади. (5) нинг биринчи шартидаги $j=1$ да канал шу қисмининг бошида жойлашган “Бош иншоот (эски)”, $j=2$ да эса “Бош иншоот (янги)” гидротехника иншоотлари, иккинчи шартида эса каналнинг шу қисми охирида жойлашган “Развилка” гидротехника иншоотининг $j=2$ да Кегейли канали регулятори, $j=2$ да Естек яб каналининг регулятори, $j=3$ да Кўк ўзак (Стаханов арна) каналининг регулятори, $j=4$ да Куаныш жарма каналининг регулятори ва $j=5$ да Дехқон арна каналининг регуляторларининг параметрлари мос равишда қуйидагича изоҳланади: l_i – каналнинг i - қисмининг узунлик масофалари; $a_i^j(0, t)$ – каналнинг i - қисмининг бошида жойлашган j - иншоотлари ва $a_i^j(l_i, t)$ – каналнинг i - қисмининг охирида жойлашган j - иншоотлардаги тўсинларнинг очилиши; $b_i^j(0)$, $b_i^j(l_i)$ – канал i - қисмининг бошида ва охирида жойлашган гидротехника иншоотлари тўсин тирқишларининг эни; $\mu_i^j(0)$, $\mu_i^j(\ell_i)$ – канал i - қисмининг бошида ва охирида жойлашган гидротехника иншоотларининг сарф коэффициентлари; $Z_{u_i}^j(0, t)$ – каналнинг i - қисмининг бошида жойлашган j - иншоотларнинг юқори бьеф кузатиш нуктасида қайд қилинган сув сатҳлари; $Z_{d_i}^j(0, t)$ – каналнинг i - қисмининг бошида жойлашган j - иншоотларнинг қуйи бьеф кузатиш нуктасида қайд қилинган сув сатҳлари; $Z_{u_i}^j(l_i, t)$ –

каналнинг i - қисмининг охирида жойлашган j - иншоотларнинг юқори бьеф кузатиш нуктасида қайд қилинган сув сатҳлари; $Zd_i^j(l_i, t)$ – каналнинг i - қисмининг охирида жойлашган j - иншоотларнинг қуйи бьеф кузатиш нуктасида қайд қилинган сув сатҳлари; $q_i^k(t)$ – каналнинг i - қисмдаги k - рақамли ён ирмоқ ўзи оқар каналларнинг сув сарфлари.

Магистрал каналнинг шу қисмининг ПК-200 чап қирғоғидаги ён ирмоғидан Эски Абад-ярмиш канали сув олади.

2-қисм учун чегаравий шартлар “Қызкеткен-Кегейли” ирригация тизимида қарашли ПК-252 “Развилка” гидротехника иншооти ва ПК-113 “Дўстлик” гидротехника иншооти оралиғидаги Кегейли канали қисмининг сув сарфлари учун қуйидаги ифодалар кўринишида ёзилади:

$$Q_2(0, t) = \mu_2^1(0) a_2^1(0, t) b_2^1(0) \sqrt{2g [Zu_2^1(0, t) - Zd_2^1(0, t)]},$$

$$Q_2(l_2, t) = \sum_{j=1}^6 \mu_2^j(l_2) a_2^j(l_2, t) b_2^j(l_2) \sqrt{2g [Zu_2^j(l_2, t) - Zd_2^j(l_2, t)]} + q_2^1(t) + q_2^2(t),$$

бу ерда $\mu_2^1(0) = \mu_1^1(l_1)$; $a_2^1(0, t) = a_1^1(l_1, t)$; $b_2^1(0) = b_1^1(l_1)$; $Zu_2^1(0, t) = Zu_1^1(l_1, t)$; $Zd_2^1(0, t) = Zd_1^1(l_1, t)$; $q_2^1(t)$ – ПК-50 чап қирғоғидаги “Кўк қутанқўл” каналининг сув сарфи; $q_2^2(t)$ – ПК-58 чап қирғоғидаги “Водозабор балиқ” каналининг сув сарфи.

(6) чегара шартларда Кегейли каналининг шу қисми охирида жойлашган ПК-113 “Дўстлик” гидротехника

иншоотининг $j=1$ да Кегейли каналини тўсувчи регулятори, $j=2$ да “Посёлка яб” канали регулятори, $j=3$ да “Абад-ярмиш” канали регулятори, $j=4$ да “Қора ўй яб” канали регулятори, $j=5$ да “Қангли яб” канали регулятори ва $j=6$ да “Естек яб” канали регуляторларининг параметрлари (5) даги каби изоҳланади.

3-8-қисмлар “Қызкеткен-Кегейли” ирригация тизимида қарашли ПК-113 “Дўстлик”, ПК-362 “Май-яб”, ПК-471 “Султанбай”, ПК-554 “Беш-яб” ва ПК-252 “Развилка”, ПК-350 “Койбак”, ПК-508 “Марқа ўзак”, ПК-697 “Дарбент сага” гидротехника иншооти оралиғидаги канал қисмларининг сув сарфлари учун чегаравий шартлар 1- ва 2- қисмлардаги каби ишлаб чиқарилган.

Хулоса. Шундай қилиб, «Қызкеткен-Кегейли» ирригация тизими ва “Куаниш жарма” ирригация тизимларига тегишли магистрал каналларнинг қисмларидаги динамик жараёнларнинг математик модели (3) дифференциал тенгламалар системаси, (4) бошланғич шартлари, (5)-(6) чегара шартлари каби тавсифланди.

Моделлаштириш масаласи $\{Q_{i0}(x_{i0}), Z_{i0}(x_{i0})\}$ бошланғич шартларнинг маълум сонли қийматлари учун ва (5)-(6) чегара ва қўшимча шартларида $\{a_i(t), i=1, 8; q_j(t), j=1, 67\}$ функциялар учун

$U_i = (Q_i(x_i, t), Z_i(x_i, t))^T, i=1, 8$ функцияларининг сонли қийматларини аниқлаш билан яқунланади.

Адабиётлар

1. Kabulov A.V., Seytov A.J., Kudaybergenov A.A. Optimal water distribution in large main canals of irrigation system // Global and Stochastic Analysis. – Vol.8, №3. 2021. – P. 45-53.
2. Kabulov A.V., Seytov A.J., Kudaybergenov A.A. 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, №4. 2020. – P. 13392-13401.
3. Абуталиев Ф.Б., Рахимов Ш.Х., Бегимов И. Оптимальное управления системами машинного водопольёма. – Ташкент: «Фан», 1992, –С. 152.
4. Архангельский В.А. Расчёты неустановившегося движения в открытых руслах // - М.: Изд. АН СССР. 1947, –С. 134.
5. Атавин А.А., Васильев О.Ф., Воеводин А.Ф., Шугрин С.М., “Численные методы решения одномерных задач гидравлики,” Водные ресурсы, vol. 4, -P. 38–47, 1983.
6. Атавин А.А., Васильев О.Ф., Воеводин А.Ф. Методы расчёта неустановившихся течений в системах открытых русел и каналов // Численные методы механики сплошной среды. – Новосибирск: Т.6, №4. 1975.– С. 30-31.
7. Кабулов А.В., Кудайбергенов А.А., Аметова Г.Е. Алгоритмы задач оптимального управления неустановившемся движением воды на участках . 2021-йил “Ёшларни қўллаб-қувватлаш ва аҳоли саломатлигини мустаҳкамлаш йили” ҳамда “21 февраль Халқаро она тили куни” муносабати билан “Ўзлуқсиз таълим тизимида масофадан ўқитишнинг интеграцияси” мавзусида ўтказиладиган Халқаро илмий-назарий анжуман. -Т.: «Фан ва технологиялар нарийёт-матбаа уйи». 2021, 233-235-б.
8. Картвелишвили Н.А. Неустановившиеся открытые потоки. - Л.: Гидрометеиздат, 1968, –С. 125.
9. Корень В.И. Исследование устойчивости некоторых явных схем при интегрировании уравнений Сен-Венана. // Метрология и гидрология. №1. 1967. – С. 42-48.
10. Корень В.И., Кучмент Л.С. К постановке граничных условий при численном интегрировании уравнений Сен-Венана. // Метрология и гидрология. №6. 1967.– С 105-107.
11. Корень В.И., Кучмент Л.С. Численное интегрирование уравнений Сен-Венана по явным схемам при расчётах неустановившегося движения воды в реках. // Тр. ГМИ. №8. 1967. – С. 42-61.
12. Кудайбергенов А.А. Классификация математических моделей неустойчивого движения воды в магистральных каналах ирригационных систем. // Применение современных методов в развитии науки. Материалы республиканской научной онлайн конференции молодых ученых. – Ташкент: 2020, 27 август. - С.59-63.
13. Кучмент Л.С. Математическое моделирование речного стока. – Л.: Гидрометеиздат. 1972, –С. 192.
14. Чертоусов М. Д. Гидравлика. Специальный курс. – М.: Гидроэнерго-издат. 1962, –С. 685.

РЕЗЮМЕ. Сен-Венаннинг чизиксиз ҳусусий ҳосилалари дифференциал тенгламалари асосида магистрал канал қисмларидаги истеъмолчиларга сувни оптимал тақсимлашни бошқаришнинг математик модели Дўстлик канали мисолида ишлаб чиқилди. Шунингдек, канал қисмларининг барча гидравлик ва морфомик параметрларини ҳисобга олган ҳолда канал қисмлари нукталаридаги барча чегаравий ички шартлари ишлаб чиқилди.

РЕЗЮМЕ. На основе нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных Сен-Венана на примере канала Дусллик разработана математическая модель управления оптимальным распределением воды потребителям на участках магистрального канала. Также были разработаны все внутренние граничные условия в точках участков канала с учетом всех гидравлических и морфомических параметров участков канала.

SUMMARY. On the basis of nonlinear partial differential equations of Saint-Venant has been developed on the example of the Dustlik canal, a mathematical model for controlling the optimal distribution of water to consumers in sections of the main canal. Also, all internal boundary conditions were developed at the points of the channel sections, taking into account all hydraulic and morphomic parameters of the channel sections.