

УДК 514.18

## УДОСКОНАЛЕННЯ МОДЕЛІ РЕГУЛЮВАННЯ ВОДОСТОКУ ВОДОСХОВИЩ ЗА ДОПОМОГОЮ ДЕФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Сидоренко Ю.В., к.т.н.,

Дудник В.Ю.

*Національний технічний університет України “Київський  
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” (Україна)*

*В роботі розглядається вдосконалення моделі регулювання водостоків водосховищ за допомогою політочкових перетворень, та дослідження вдосконаленої моделі.*

*Ключові слова: водосховища, регулювання, водостік, моделювання, політочкові перетворення.*

**Постановка проблеми.** Ефективне використання водних ресурсів досягається при будівництві на річках каскадів водосховищ, що дозволяють ефективно регулювати стік та стабілізувати рівень води. Раціональне використання водних ресурсів вимагає все більших значних знань про джерела водопостачання, їхні режими, коливання витрат води і горизонтів [1].

Через постійне підвищення вимог до якості та безпеки використання великих гідроенергетичних систем, важливою є задача управління каскадами водосховищ з метою стабілізації рівня води.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Задача моделювання регулювання водостоків каскаду водосховищ вирішується багатьма способами. Деякі лінійні моделі запропоновані в роботах [3-4]. В роботі [5] розглядаються різноманітні підходи до рішення задачі моделювання систем «річка-гребля».

**Формулювання цілей статті.** Метою даної роботи є створення системи моделювання геометричних об'єктів на основі політочкових перетворень. Використання політочкових перетворень дозволить спростити процес конструювання поверхонь з різним виглядом перерізів.

**Основна частина.** Полікоординатні перетворення [2] можуть використовуватись в різних областях виробництва на етапі моделювання досліджуваних процесів. Для того, щоб найкращим чином використовувати властивості полікоординатних методів, була створена система візуалізації процесів деформації за допомогою політочкового способу перетворень.

Задача розробки системи проводилась з метою полегшення

процесу побудови геометричних об'єктів для подальшої їх обробки в процесі виробництва. Для цього необхідно було розробити алгоритм роботи політочкових перетворень для візуалізації деформаційних змін, організувати збір інформації про об'єкти, які необхідно деформувати, в базу даних, занести вигляд виробів, що найчастіше використовуються, створити зручний інтерфейс для користувачів системи. Дана система повинна бути зручним і корисним інструментом для користувачів, наприклад, інженерів, яким потрібно модифікувати 3D об'єкт.

Математичною основою створеної системи є політочкові перетворення.

Розглянемо докладніше політочкові перетворення за умови багатоточкового каркасу (рис. 1).

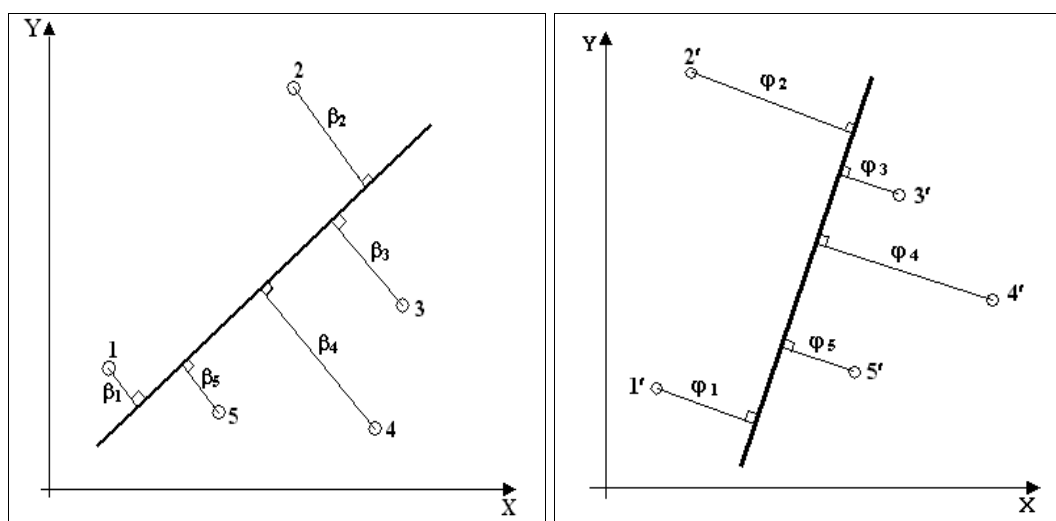


Рис. 1. Політочкові перетворення при багатоточковому базисі

Початковий базис має вигляд (1):

$$ax_i^n + by_i^n + cz_i^n = \beta_i, i = 1, \dots, p. \quad (1)$$

Точки каркасу задаються декартовими координатами (2):

$$(x_1^n, y_1^n, z_1^n), (x_2^n, y_2^n, z_2^n), \dots (x_p^n, y_p^n, z_p^n), \quad (2)$$

а прообраз – пряма – політочковими координатами  $\varphi_i$ , які є відстанню зі своїм знаком від цих точок до прямої.

Базис після перетворення має вигляд (3):

$$\varphi_i = Ax_i + By_i + Cz_i, \quad (3)$$

де  $A, B, C$  – шукані коефіцієнти перетвореної прямої.

Політочкове перетворення задається формулою (4):

$$\varphi_i = \omega_i \beta_i. \quad (4)$$

Для отримання однозначного розв'язку цієї задачі необхідно розв'язати оптимізаційну задачу, яка зводиться до вирішення системи лінійних рівнянь (5) вигляду:

$$\begin{aligned} A \sum_{i=1}^P \frac{(X_i X_i)}{\beta_i^2} + B \sum_{i=1}^P \frac{(X_i Y_i)}{\beta_i^2} + C \sum_{i=1}^P \frac{(X_i Z_i)}{\beta_i^2} - \sum_{i=1}^P \frac{(X_i)}{\beta_i} &= 0; \\ A \sum_{i=1}^P \frac{(Y_i X_i)}{\beta_i^2} + B \sum_{i=1}^P \frac{(Y_i Y_i)}{\beta_i^2} + C \sum_{i=1}^P \frac{(Y_i Z_i)}{\beta_i^2} - \sum_{i=1}^P \frac{(Y_i)}{\beta_i} &= 0; \\ A \sum_{i=1}^P \frac{(Z_i X_i)}{\beta_i^2} + B \sum_{i=1}^P \frac{(Z_i Y_i)}{\beta_i^2} + C \sum_{i=1}^P \frac{(Z_i Z_i)}{\beta_i^2} - \sum_{i=1}^P \frac{(Z_i)}{\beta_i} &= 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Політочкові перетворення були застосовані для регулювання водостоків водосховищ.

Наступна формула описує динаміку зміни рівня перед греблею водосховища при розбалансі секундного припливу/витрат води в водосховищі [3].

$$\frac{dh_i}{dt} = 7,2 * (Q_{i-1}(t - \tau_{\Pi}) - Q_i(t)) / S_i \quad (6)$$

де  $S$  – площа дзеркала води водосховища;

$Q_{i-1}(t - \tau_{\Pi})$  – секундний приплив води на рівні  $i$ -тої греблі в тис.м<sup>3</sup> як функція часу  $t$ ;

$Q_i(t)$  – секундна витрата води на рівні  $i$ -ої греблі як функція часу  $t$ ;

$\tau_{\Pi}$  – транспортне запізнення розповсюдження припливної хвилі, год.

За допомогою формули (6) була побудована модель каскаду водосховищ на Simulink та змодельована ситуація повені для проходження повеневої хвилі через каскад водосховищ. Тестова модель зображена на рис 2.

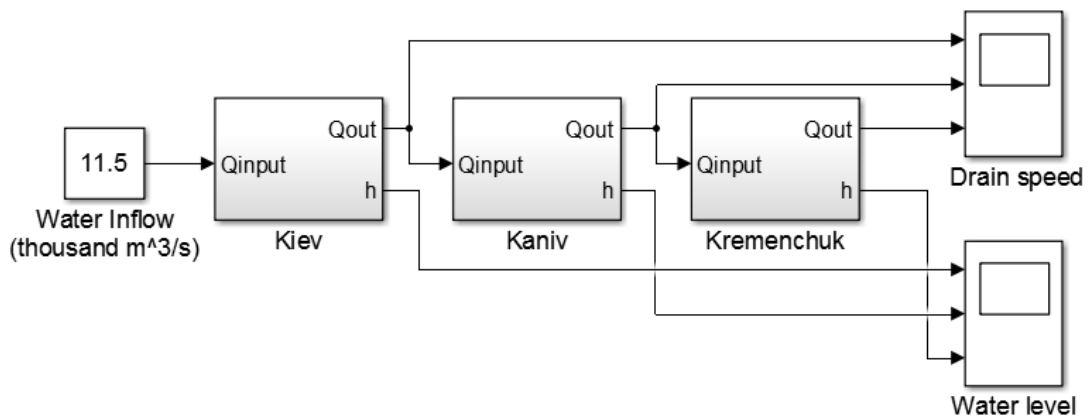


Рис. 2. Ланцюг із 3-х моделей

Детальну схему кожного блоку зображено на рис. 3.

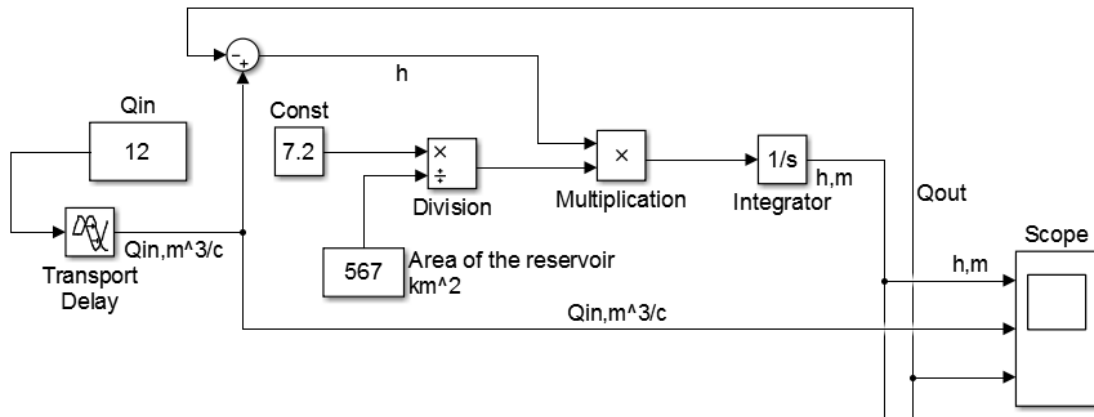


Рис. 3. Детальна схема блоку

Але недоліком даної моделі є те що, в ній допущено грубе припущення, що незалежно від висоти площа дзеркала водосховища залишається постійною. Але це припущення надто грубе, тому що об'єм, визначений в такий спосіб, дуже не точний. В реальності форма водосховища має більш складну форму. Тому було прийнято рішення вдосконалити модель, за рахунок більш точного обрахунку об'єму водосховища та висоти рівня води.

Для вдосконалення моделі було створено програмне забезпечення для створення моделей водосховищ, та бібліотеку для використання цих моделей в середовищі Simulink котру було поміщено в блок бібліотеки Simulink

Блок приймає на вхід  $Q_{input}$  об'єм води, котрий надходить в водосховище, на вхід  $Q_{out}$  об'єм води, котрий потрібно забрати з водосховища, а на вихід  $h$  отримуємо висоту рівня води в водосховищі.

Результат удосконалення моделі зображено на рис. 4.

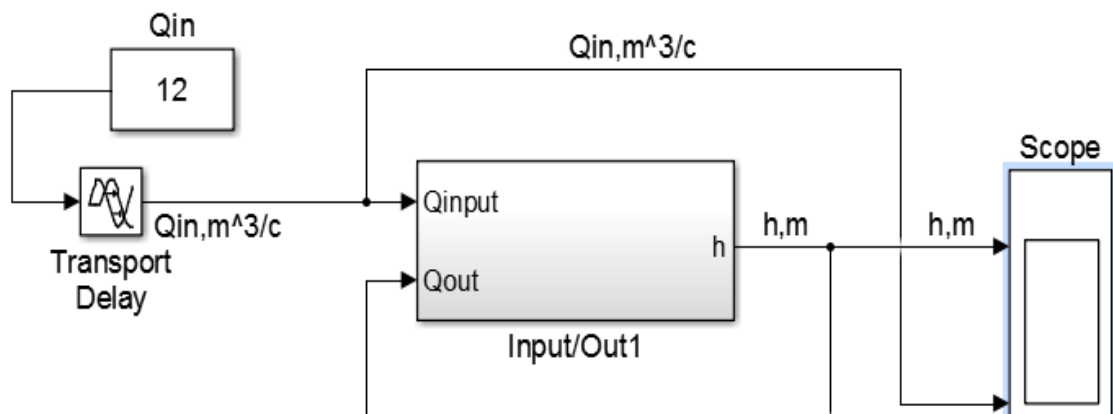


Рис. 4. Вдосконалена модель

Результати удосконалення для Київського водосховища наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняльна таблиця

Різниця висоти КМ	Площа КМ <sup>2</sup>	Об'єм КМ <sup>3</sup>	Площа КМ	Об'єм КМ <sup>3</sup>	Різниця КМ <sup>3</sup>
0	922	0	922	0	0
0,00025	871	0,2241	922	0,2305	0,00641
0,0005	820	0,4227	922	0,4610	0,03831
0,00075	769	0,5958	922	0,6915	0,09573
0,001	718	0,7434	922	0,9220	0,17865
0,00125	667	0,8654	922	1,1525	0,28707
0,0015	616	0,9620	922	1,3830	0,42100
0,00175	565	1,0331	922	1,6135	0,58045
0,002	514	1,0786	922	1,8440	0,76540

**Висновки.** В процесі роботи проаналізовано особливості способів побудови автоматизованих систем керування гідроенергетичними системами та виконано моделювання і дослідження системи автоматизованого керування рівнем води в каскадах водосховищ. На основі результатів проведеного моделювання зроблено висновки, що застосування розроблених методів забезпечує більш точні розрахунки.

### **Література**

1. Саратов І. Ю. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи “Визначення батиграфічних характеристик водосховища і побудова основних розрахункових горизонтів” з курсу “Гідрологія” / І. Ю. Саратов. – Харків: ХНАМГ, 2007. – 20 с.
2. Сидоренко Ю. В. Система моделювання геометричних об'єктів за допомогою політочкових перетворень / Ю. В. Сидоренко // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К.:КДТУБА, 2016. – Вип.92. – С.118–125.
3. Corrigan G. A constant volume method for open-channel operations / G. Corrigan, A. Fanni, S. Sanna, G. Usai // International Journal of Modelling and Simulation. – № 2. – 1982. – P.108–112.

4. Corrigan G. Estimation of uncertainty in an open-channel network mathematical model / G. Corrigan, S. Sanna, G. Usai // Applied Mathematical Modelling. – №13. – 1989. – P.651–657.
5. Litrico X. Robust flow control of single input multiple outputs regulated rivers / X. Litrico // Journal of Irrigation and Drainage Engineering. – 2001. – Vol. 127. – № 5. – P. 281–286.

### **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДЕЛИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДОСТОКОВ ВОДОХРАНИЛИЩ С ПОМОЩЬЮ ДЕФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Сидоренко Ю.В., Дудник В.Ю.

*В работе рассматривается усовершенствование модели регулирования водостока водохранилищ с помощью политочечных преобразований, и исследования усовершенствованной модели.*

*Ключевые слова: водохранилище, регулирование, водосток, моделирование, политочечные преобразования.*

### **IMPROVED DRAIN RESERVOIR MODEL BY POLYPOINT TRANSFORMATIONS**

Sidorenko Y., Dudnik V.

*Consider the improvement of drainage reservoir regulation model using polypoint transformation, and improved research model.*

*Keywords: reservoir regulation, drain, design, polypoint transformations.*