
УДК 521.034:375-2

Вагула Ю.І.

завідувач навчально-виробничих практик

E-mail: oleksander_olsfe@mail.ru

Берещак В.В.

викладач

E-mail: oleksander_olsfe@mail.ru

Смітюх В.С.

викладач

E-mail: oleksander_olsfe@mail.ru

Екологічний коледж Львівського національного аграрного університету
м. Львів

МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД НА НАВЧАЛЬНОМУ ПОЛІГОНІ КОЛЕДЖУ

Vahula Y.I.

head of training and production practices

E-mail: oleksander_olsfe@mail.ru

Bereschak V.V.

teacher

E-mail: oleksander_olsfe@mail.ru

Smityukh V.S.

teacher

E-mail: oleksander_olsfe@mail.ru

Ecological College of Lviv National Agrarian University
Lviv

MODELING OF HYDRAULIC STRUCTURES ON THE TRAINING GROUND OF COLLEGE

Анотація

Вступ. В статті викладено досвід використання в навчальному процесі дисципліни «Гідротехнічні споруди», моделювання гідроспоруд в галузі водного господарства. Охарактеризовані основні принципи моделювання, їх значення в системі підготовки молодших спеціалістів для сільського господарства країни. Практичне навчання студентів з елементами наукового спрямування в реальних умовах на модельному майданчику.

Методи. Дослідження з елементами розрахунку.

Результати. Порівняння результатів розрахунків проведених на модельному майданчику з переведенням значень, які є на великих спорудах промислового виробництва.

Перспективи. Проектування параметрів моделей і перерахунок даних модельних досліджень на натуру.

Ключові слова: моделювання споруд, принципи подібності потоків моделі і природи, масштаб моделювання, фільтраційний потік, земляна гребля.

Abstract

Introduction. The article provides an analysis of the experience of hydraulic structures modeling in the course of studying the discipline "Waterworks". The basic principles of modeling and its value for

the training of junior specialists in a field of agriculture have been characterized. The study investigates this issue by examining the process of students' practical training with elements of scientific research in model area and real-life environment.

Methods. The study with the elements of the calculation.

Results. A comparison was made of calculations performed within the model area and in large industrial structures.

Discussion. Model parameters design and recalculation of modeling study data on actual operating conditions.

Keywords: modeling of structures, principles of similarity of model area and real-life environment, scale modeling, seepage flow, earthen dam..

Аннотація

Вступ: В статті изложено опыт использования в учебном процессе дисциплины «Гидротехнические сооружения», моделирование гидросооружений в области водного хозяйства. Охарактеризованы основные принципы моделирования, их значение в системе подготовки младших специалистов для сельского хозяйства страны. Практическое обучение студентов с элементами научного направления в реальных условиях на модельной площадке.

Методы: Исследование с элементами расчета.

Результаты: Сравнение результатов расчетов, проведенных на модельной площадке с переводом значений, которые есть на крупных сооружениях промышленного производства.

Перспективы: Проектирование параметров моделей и пересчет данных модельных исследований на натуре

Ключевые слова: моделирование сооружений, принципы подобия потоков модели и натуре, масштаб моделирования, фильтрационный поток, земляная плотина.

Вступ. Практичне навчання студентів з спеціальностей: «Будівництво, обслуговування і ремонт гідромеліоративних споруд»; «Обслуговування устаткування систем водопостачання і водовідведення» проводяться на модельних майданчиках споруд навчального полігону коледжу в с. Гряда Жовківського району Львівської області.

На полігоні побудовані гідротехнічні споруди гідромеліоративних систем та модельний майданчик споруд розмірами в плані 10 на 20м при масштабі моделювання 1:50. Забір води на споруди і модельний майданчик проводиться із водосховища Верхне-Яричівської осушувально-зволожувальної системи, що прилягає до території полігону.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для підтвердження актуальності поставленої задачі проведемо аналіз сучасних літературних джерел. У роботах [4, 5] акцентується увага на використанні гідротехнічних споруд.

Мета. Гідравлічні процеси в натурі і на моделі споруди будують механічно подібними, якщо в них будуть дотримуватись геометричні, кінематичні і динамічні критерії подібності.

Методологія. Геометрично подібними потоками будуть такі потоки, в яких існує постійне відношення між відповідними лінійними розмірами їх за залежностями:

- відношення довжин:

$$\frac{L_h}{L_m} = \lambda, \quad (1)$$

- відношення площ:

$$\frac{L_h}{L_m} = \lambda^2, \quad (2)$$

- відношення об'ємів:

$$\frac{W_h}{W_m} = \lambda^3, \quad (3)$$

де λ – геометричний лінійний масштаб моделі.

Кінематично-подібними потоками будуть такі, в яких є залежність між проміжками часу ($dT_m = \lambda_t$, де λ_t – масштаб часу).

Для кінематично-подібних потоків в натурі і на моделі споруди забезпечується залежність:

$$V_n = V_m \frac{\lambda}{\lambda_T}, \quad (4)$$

$$I_n = I_m \frac{\lambda}{\lambda_T^2}, \quad (5)$$

де V_n і V_m – відповідно, швидкість руху в натурі і на моделі;

I_n і I_m – відповідно, прискорення руху в натурі і на моделі.

Для динамічної подібності необхідно, щоб всі сили, однакові по природі, що діють на любую пару подібних елементів, відрізнялись один від одного тільки постійними масштабами:

$$\frac{P_n}{P_m} = \lambda_p, \quad (6)$$

де λ_p – масштаб моделювання сил;

P_n , P_m – величини сил в натурі і на моделі споруд у відповідних точках.

На основі теоретичних і лабораторних досліджень гідротехнічних споруд в натурі і на моделі одержані формули для практичного застосування в моделюванні споруд:

$$L_n = L_m + \lambda, \quad (7)$$

$$I_n = I_m, \quad (8)$$

$$F_n = F_m + \lambda^2, \quad (9)$$

$$V_n = V_m + \sqrt{\lambda}, \quad (10)$$

$$W_n = W_m + \lambda^2, \quad (11)$$

$$Q_n = Q_m \cdot \sqrt{\lambda^3}, \quad (12)$$

$$T_n = T_m \cdot \sqrt{\lambda}, \quad (13)$$

$$P_n = P_m \cdot \lambda^2, \quad (14)$$

Результати. Практичний приклад моделювання. Необхідно запроєктувати водозливну греблю висотою $P=15$ м, напір над водозливом $H=3.50$ м, глибина води в нижньому б'єфі $h=4.0$ м. Коефіцієнт втрати водозливу приймаємо $m=0.48$, водобійний колодязь довжиною 16.0м, глибиною 2.5м, ширина греблі поверху 5м.

Необхідно перевірити роботу греблі на моделі

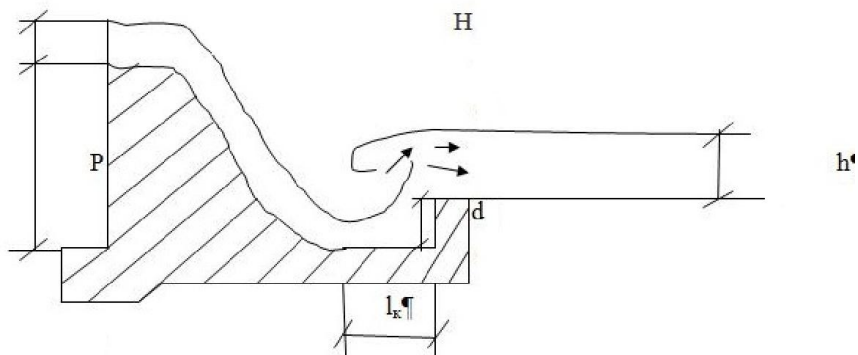


Рис. 1. Поперечний профіль водозливної греблі

Приймаємо швидкість підходу $V_0 = 0$. Витрата води на 1 п.м. ширини греблі дорівнює:

$$Q_n = m\sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2} = 0.48 \cdot 4.43 \cdot 3.5^{3/2} = 13.92 \text{ м}^3/\text{сек}$$

Приймаємо масштаб для моделі $\lambda = 10$.

Визначаємо геометричні розміри моделі греблі:

$$\text{- висота моделі } P_m = \frac{P_n}{\lambda} = \frac{15.0}{10.0} = 1.50 \text{ м};$$

$$\text{- ширина моделі } b_m = \frac{b_n}{\lambda} = \frac{5.0}{10.0} = 0.50 \text{ м};$$

$$\text{- глибина водобійного колодязя: } d_m = \frac{d_n}{\lambda} = \frac{2.5}{10} = 0.25 \text{ м};$$

$$\text{- довжина водобійного колодязя: } l_m = \frac{l_n}{\lambda} = \frac{16.0}{10.0} = 1.6 \text{ м};$$

$$\text{- напір перед греблею: } H_m = \frac{H_n}{\lambda} = \frac{3.5}{10} = 0.35 \text{ м}$$

Моделювання виконується по методиці Фруда, так як основною силою є сила тяжіння. Витрата води на 1 п.м. визначається за формулою:

$$Q_m = \frac{Q_n}{\lambda^{5/2}} = \frac{13.92}{10^{5/2}} = 0.0438 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_m = 43.8 \text{ л/сек};$$

Загальна витрата на моделі греблі: $Q_m = Q_n \cdot b_n = 43.8 \cdot 0.5 = 21.91 \text{ л/сек}$.

В лабораторних умовах витрата води через модель греблі заміряється об'ємним способом і порівнюється її величина з теоретично визначеною витратою води розрахованої способом моделювання. Враховуються при цьому похибки.

В лабораторії гідротехнічних споруд функціонують чотири моделі ґрунтових гребель (однорідні, з пластичним екраном, з пластичним ядром і змішана). Масштаб моделювання гребель $\lambda=20$. Для лабораторних робіт ґрунтові греблі в лотках влаштовані на водонепроникній основі. Витрата фільтраційної води через тіло греблі замірюється об'ємним способом, а координати кривої депресії фільтраційного потоку через тіло греблі замірюються по п'езометрах, вивід яких на екран забезпечений із основи (підшви) моделі греблі.

Модель земляної греблі відсипається з однорідного піску в фільтраційному лотку. Фільтраційний лоток виконаний із металу, але одна із поздовжніх стінок виконана зі скла, щоб був видний розріз моделі земляної греблі.

Дно лотка повинно бути горизонтальним під нівелір. Тіло греблі відсипають із вологого піску шарами товщиною не більше 5-10см і втрамбовують вручну. Потрібно добиватися рівномірного втрамбовування, щоб не було невтрамбованих окремих ліній.

Після відсипки моделі тіла греблі зрізають укуси відповідно до проекту моделі. Дренаж на низовому укосі греблі відсипається по принципу зворотного фільтра; найбільш просто – в формі дренажної призми. Для визначення положення кривої депресії в тілі греблі встановлюється ряд шурфів, в шурфах біля скла координати кривої депресії знімаються по п'езометрах. Щоб не допускати винос ґрунту тіла через шурфи, всі отвори затягуються міцною сіткою. В дні фільтраційного лотка є два отвори для спускних трубок: один в нижньому б'єфі для відведення фільтраційного потоку, другий в верхньому б'єфі для скиду надлишкової води і підтримання постійної відмітки рівня води перед греблею.

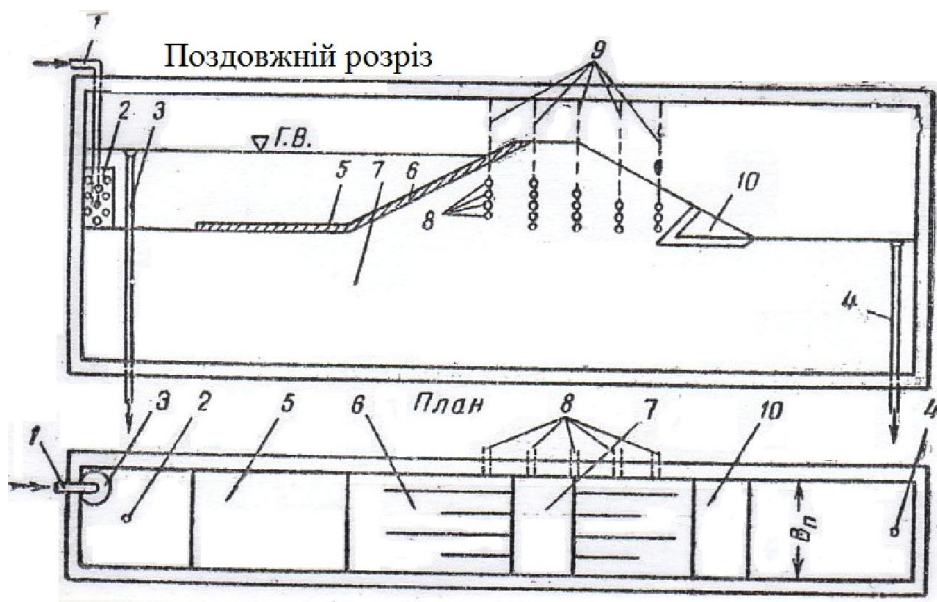


Рис. 2. Модель земляної греблі з екраном і понуром на водонепроникній основі
 1 – живлення водою; 2 – фільтр; 3 – скид надлишкової води; 4 – скид фільтруючої води;
 5 – водонепроникний понур; 6 – водонепроникний екран; 7 – тіло греблі; 8 – штуцери п'єзометрів; 9 – вісі п'єзометрів; 10 – дренаж.

Для того щоб попередити швидку кальматацию верхнього укосу греблі мілкими колоїдними частинками, що випадають у воді в стані спокою, необхідно підводити воду через спеціальний фільтр, встановлений в верхньому б'єфі. Цей фільтр(2) являє собою посудину з решітчастими стінками заповненими гравійною сумішшю.

Екран і понур виконується із жирного суглинку або глини. Дренаж виконується в формі дренажної призми із піскового і гравійного матеріалів. Живлення моделі фільтраційного лотка здійснюється із спеціального баку або водопроводу. Для заміру фільтраційної витрати необхідно мати мензурку і секундомір.

По показах п'єзометрів визначають положення депресійної кривої фільтраційного потоку через модель тіла греблі.

Фільтраційну витрату Q_m (см³/сек) вимірюють об'ємним способом. Мензуркою вимірюють об'єм води (W см³), який профільтрувався через тіло греблі за час (t). Час t беруть в межах 60-100 сек. Для попередження похибки замірюють витрати 2-3 рази та беруть їх середньо-арифметичне значення:

$$Q_{1m} = \frac{W_{1n}}{t_{1n}}, \quad (15)$$

$$Q_{2m} = \frac{W_{2n}}{t_{2n}}, \quad (16)$$

$$Q_m = \frac{Q_{1m} + Q_{2m}}{2}, \quad (17)$$

Коефіцієнт фільтрації ґрунту тіла греблі визначають із умови, що ґрунт тіла греблі і основи виконані з одного й того ж ґрунту.

$$K = \frac{Q_m}{B \cdot T_{cp} \cdot i_{cp}}, \text{ см/сек.} \quad (18)$$

де B – ширина фільтраційного лотка, см;

$T_{\text{ср.}}$ – середня висота лінії депресії, см;

$i_{\text{ср.}}$ – середній п'єзометричний ухил лінії депресії;

$$T_{\text{ср.}} = \frac{\Pi_2 + \Pi_3}{2}, \text{ см}, \quad (19)$$

$$i_{\text{ср.}} = \frac{\Pi_2 - \Pi_3}{l_{2-3}}, \quad (20)$$

де Π_1, Π_2 – відліки по п'єзографах, см;

$l_{\text{ср.}}$ – віддаль між суміжними п'єзограмами, см;

Величину фільтраційної витрати на натурі греблі встановлюють за формулою:

$$Q_n = Q_m \cdot \sqrt{\lambda^5}, \quad (21)$$

Лабораторні дослідження гідротехнічних споруд на моделях одержали широке практичне застосування. Ці дослідження при відповідно поставленій задачі і достатній точності дають можливість прогнозувати роботу гідротехнічної споруди в натурі і знайти оптимальні рішення при їх проектуванні, що відповідають їх економічності і надійності в процесі експлуатації.

Висновки. Проектування параметрів моделей і перерахунок даних модельних досліджень на натуру проводять на основі законів подібності руху води на моделі і натурі гідротехнічних споруд.

Необхідність створення лабораторних досліджень обумовлюється неможливістю при проектуванні гідротехнічних споруд на основі використання теоретичних розрахунків вирішувати багато питань з достатньою для інженерної практики точністю і надійністю.

Моделювання гідротехнічних споруд на модельних майданчиках навчального полігону коледжу в с. Гряда Жовківського району забезпечує якісне одержання практичних навиків в питаннях конструювання гідротехнічних споруд гідромеліоративних систем і гідровузлів в галузі водного господарства країни.

Список використаних джерел

1. Бахтин, Б. М., Гидротехнические сооружения [Текст] / Б. М. Бахтин, С. Н. Корюхин. – М.: ВО „Агропромиздат”, 1991. – 358 с.
2. Висильева, Н. А. Лабораторно-практические занятия по курсу гидротехнических сооружений [Текст] / Н. А. Висильева. – М, 1958. – 216 с.
3. Гришин, М. М. Гидротехнические сооружения [Текст] / М. М. Гришин. – М., 1962. – 173 с.
4. Вагула, Ю. И. Моделирование гидротехнических сооружений на учебном полигоне колледжа [Текст] / Ю. И. Вагула, В. В. Берещак, В. С. Смитюх. – К., 2010. – 102 с.
5. Каганов, Г. М. Деякі проблеми забезпечення безпеки гідротехнічних споруд [Текст] / Г. М. Каганов, В. І. Волков / Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем : сб. науч. тр. МГУП. – М., 2006. – Ч. 1. – С. 277-280.
6. Топографо-геодезична та картографічна діяльність : законодавчі та нормативні акти [Текст]. – Ч. 2. – К. : ТОВ „АНТЕКС”, 2002.
7. Глотов, В. М. Особливості цифрового знімання при створенні великомасштабних планів Антарктичного узбережжя в районі станції „Академік Вернадський” [Текст] / В. М. Глотов // Вісник геодезії та картографії. – 2005. – № 3. – С.22-25.
8. Векслер, А. Б. Надійність, соціальна та екологічна безпека гідротехнічних об'єктів: оцінка ризику і прийняття рішень [Текст] / А. Б. Векслер, Д. А. Івашинцев, Д. В. Стефанишин. – СПб.: Вид-во ВАТ „ВНИИГ ім. Б. С. Веденєєва”, 2002. – 592 с.

References

1. Bakhtyn, B. M., Koriukhyn, S. N. (1991). *Hydrotekhnnycheskye sooruzheniya [Hydraulic structures]*. Moscow : VO „Ahropromyzdat” [in Russian].
2. Vysyleva, N. A. (1958). *Laboratorno-praktycheskye zaniatyia po kursu hydrotekhnnycheskykh sooruzheniy [Laboratory and practical classes on waterworks]*. Moscow. [in Russian].
3. Hryshyn, M. M. (1962). *Hydrotekhnnycheskye sooruzheniya [Hydraulic structures]*. Moscow. [in Russian].
4. Vahula, Iu. Y., Bereshchak V. V., Smytiukh V. S. (2010) *Modelyrovanye hydrotekhnnycheskykh sooruzheniy na uchebnom polyhone kolledzha [Simulation of hydraulic structures at the training college landfill]*. Kyiv. [in Russian].
5. Kahanov, H. M., Volkov, V. I. (2006). Deiaki problemy zabezpechennia bezpeky hidrotekhnichnykh sporud [Some problems of safety of hydraulic structures]. *Rol pryrodoobustroistva v obespecheny ustoichyvoho funktsyonyrovanyia y razvytyia ekosystem – The role of environmental engineering in sustainable development and ecosystem functioning*, Vol. 1, 277-280. [in Ukrainian].
6. Topografo-heodezychna ta kartografichna diialnist : zakonodavchi ta normatyvni akty [Surveying and mapping activities, laws and regulations]. (2002). Kyiv. [in Ukrainian].
7. Hlotov, V. M. (2005). Osoblyvosti tsyfrovoho znimannia pry stvorenni velykomasshtabnykh planiv Antarktychnoho uzberezhzhia v raioni stantsii „Akademik Vernadskyi” [Features digital capture in the creation of large-scale plans for the Antarctic coast near the station "Academician Vernadskyi"]. *Visnyk heodezii ta kartografii – Journal of Geodesy and Cartography*, 3, 22-25. [in Ukrainian].
8. Veksler, A. B., Ivashintsov, D. A., Stefanyshyn, D. V. (2002). Nadiinist, sotsialna ta ekolohichna bezpeka hidrotekhnichnykh obiektiv: otsinka ryzyku i pryiniattia rishen [Reliability, social and environmental safety of hydraulic facilities, risk assessment and decision-making]. SPb. [in Russian].