

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСУ ВІДКРИВАННЯ І ЗАКРИВАННЯ ПОПЛАВКА ЗАТВОРА ГІДРОАВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЯТОРА РІВНЯ ВОДИ

Олександр Богуш

Національний університет водного господарства та природокористування
11, вул. Соборна, Рівне, Рівненська область, 33000, Україна
o.o.bohush@nuwm.edu.ua, orcid.org/0009-0007-3268-5437

DOI: 10.32347/2524-0021.2025.52.5-15

Анотація. У роботі представлено результати дослідження динаміки відкривання і закривання поплавка-затвора гідроавтоматичного регулятора рівня води в осушувально-зволожувальних системах. Встановлено залежності часу відкривання t_1 та закривання t_2 від діаметра вхідного патрубку d_1 , матеріалу поплавка (металевий, пластиковий) і початкової глибини занурення h_2 . Отримані результати свідчать, що зі збільшенням d_1 зменшується час закривання і збільшується час відкривання поплавка-затвора. Визначено оптимальні співвідношення параметрів, за яких система досягає гідродинамічної рівноваги та забезпечує стабільну роботу без коливань. Доведено, що пластиковий поплавок має меншу інерційність, забезпечує вищу швидкодію й кращу стабільність регулювання порівняно з металевим. Результати досліджень можуть бути використані для вдосконалення конструкцій гідроавтоматичних регуляторів рівня та підвищення ефективності роботи осушувально-зволожувальних систем.

Ключові слова: поплавок-затвор, математична модель, діаметр патрубка, осушувально-зволожувальна система, гідроавтоматичний регулятор рівня, час відкриття, час закриття.

ВСТУП

Ефективність роботи гідроавтоматичних регуляторів рівня води визначається не лише точністю, а насамперед швидкістю — здатністю системи оперативно реагувати на зміну гідравлічних умов без коливань і перерегулювань. Для поплавково-затворних схем критичними є перехідні процеси відкривання та закривання, оскільки саме вони впливають на втрати води, стійкість режиму та довговічність вузлів регулятора. Одним із ключових параметрів такої роботи є швидкість спрацювання на зміну рівня.

Динаміка руху поплавка-затвора формується сукупною дією гідравлічних та інерційних чинників. Серед конструктивних параметрів визначальним є діаметр вхідного патрубка d_1 , через який поплавок-затвор наповнюється водою до потрібного рівня h ,

що ініціює відповідно закривання або відкривання. Крім того, як засвідчують експерименти, істотне значення має матеріал поплавка: маса та інерційність конструкції безпосередньо впливають на характер і швидкість перехідного процесу.[1]

Попри наявність праць, а саме: М. М. Хлапук, А. В. Яцик, О. М. Ніколайчук у яких докладно висвітлено статичні характеристики регуляторів, часові параметри перехідних процесів — тривалість відкривання t_1 , та закривання t_2 — залишаються описаними фрагментарно. У цій роботі теоретично обґрунтовано та кількісно проілюстровано вплив d_1 , матеріалу поплавка та початкової глибини занурення h_2 на швидкодію. Також подано аналітичні співвідношення для розрахунку часових показників.[2-3]

МЕТА РОБОТИ

Встановити закономірності зміни часу відкривання t_1 та закривання t_2 поплавкового затвора гідроавтоматичного регулятора рівня води залежно від діаметра вхідного патрубку d_1 (6,2; 9,1; 12,6; 15,7; 21,2 мм), матеріалу поплавка (метал / ПВХ) і початкового рівня занурення h_2 (0,25–0,35 м), а також визначити умови гідродинамічної рівноваги та оптимальні поєднання параметрів, за яких забезпечується стабільна й швидка робота регулятора без коливань і перевитрат води.

Результати дослідження подані в табл. 1.

Для визначення впливу глибини занурення на час закриття і відкриття поплавка-затвора було проведено розрахунки для різними рівнями початкового занурення h_2 , які були прийняті 0,25 м – 0,35 м.

$$t_1 = \frac{S}{\sqrt{2g}} \cdot \int_{h_3}^{h_6} \frac{dh}{\mu_1 s_1 \sqrt{2g(h_2 - h)} - \mu_2 s_2 \sqrt{2g(h + h_{\text{дп}})}}; \quad (1)$$

$$t_2 = \frac{2S}{\mu_1 s_1 \sqrt{2g}} \cdot (\sqrt{h_2 - h_4} - \sqrt{h_2 - h_5}), \quad (2)$$

де μ_1 – коефіцієнт витрати вхідного патрубка; μ_2 – коефіцієнт витрати вихідного патрубка; s_1 – площа поперечного перерізу вхідного патрубка; s_2 – площа поперечного перерізу вихідного патрубка; h – довільна глибина води у поплавку; h_2 – глибина занурення дна поплавка під вільну поверхню води; h_3 – величини глибина води у поплавку при якій виконується умова рівноваги поплавка-затвора на відкриття; h_4 – величини глибина води у поплавку при якій виконується умова рівноваги поплавка-затвора на закриття; h_5 – мінімально можливої величини глибина води у поплавку; h_6 – довільний рівень води в поплавку – затворі приймаємо рівний h_2 ; $h_{\text{дп}}$ – відстань по вертикалі від дна поплавка-затвора до вихідних отворів датчика-прискорювача; S – площа поперечного перерізу поплавка-затвора; g – прискорення вільного падіння 9,81 м/с².

Для кожного рівня занурення було визначено час закриття t_2 і відкриття t_1 , у залежності від діаметра вхідного патрубка d_1 . [1]

Дослідження проводились для двох типів матеріалів поплавка-затвора металевого і з ПВХ-пластику.

У результаті ми отримали серію даних і на основі цих даних було побудовані графіки залежності часу t_1 і t_2 від діаметра патрубка d_1 для різної глибини занурення h_2 (рис. 3–8).

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

У ході досліджень було виведено аналітичні залежності для визначення часу відкриття t_1 та часу закриття t_2 поплавка-затвора гідроавтоматичного регулятора рівня води.

Дослідження проводилися для двох конструктивних варіантів поплавка-затвора – металевого та пластикового виконання. Враховуючи відмінності у густині матеріалу та масі, ці два типи поплавків характеризуються різною інерційністю руху, що безпосередньо впливає на тривалість перехідних процесів відкривання і закривання.

Для кожного зразка визначали часи t_1 і t_2 при різних діаметрах вхідного патрубка $d_1 = 6,2-21,2$ мм, а також при різних початкових рівнях занурення $h_2 = 0,25-0,35$ м.

Отримані експериментальні дані дали змогу встановити закономірності зміни часу відкривання і закривання поплавка-затвора залежно від діаметра вхідного патрубка та матеріалу конструкції. Результати розрахунків подано у таблиці 1, а також графічно зображено на рис. 3–8, що дозволяє наочно оцінити вплив досліджуваних факторів на динаміку роботи гідроавтоматичного регулятора рівня води. [1]

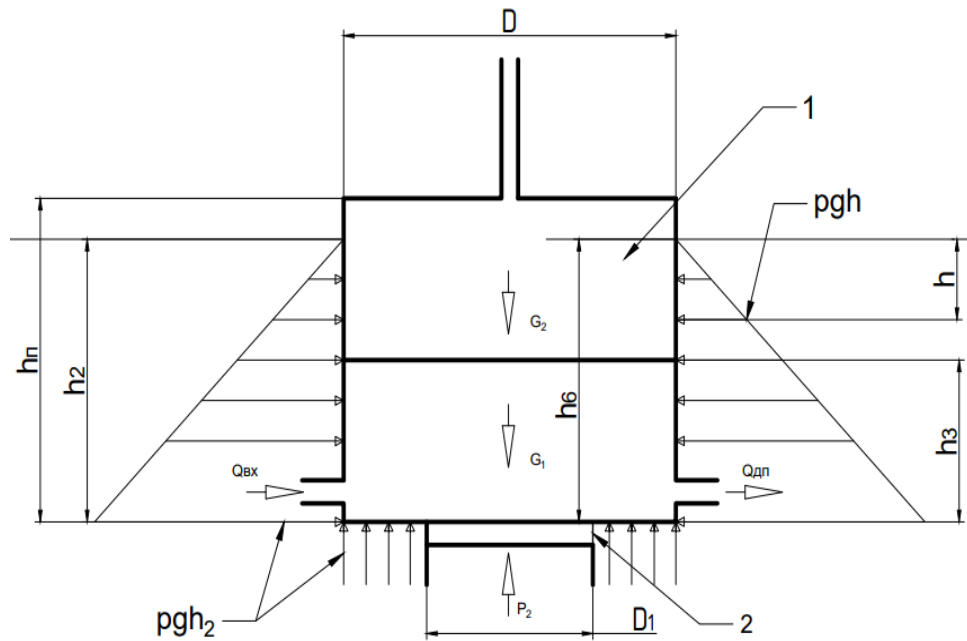


Рис. 1. Схема для розрахунку часу відкриття поплавка-затвора t_1 : 1 – поплавок затвор; 2 – кільцевий водозлив

Fig. 1. Schematic for calculating the opening time t_1 of the float-gate: 1 – float-gate; 2 – annular weir

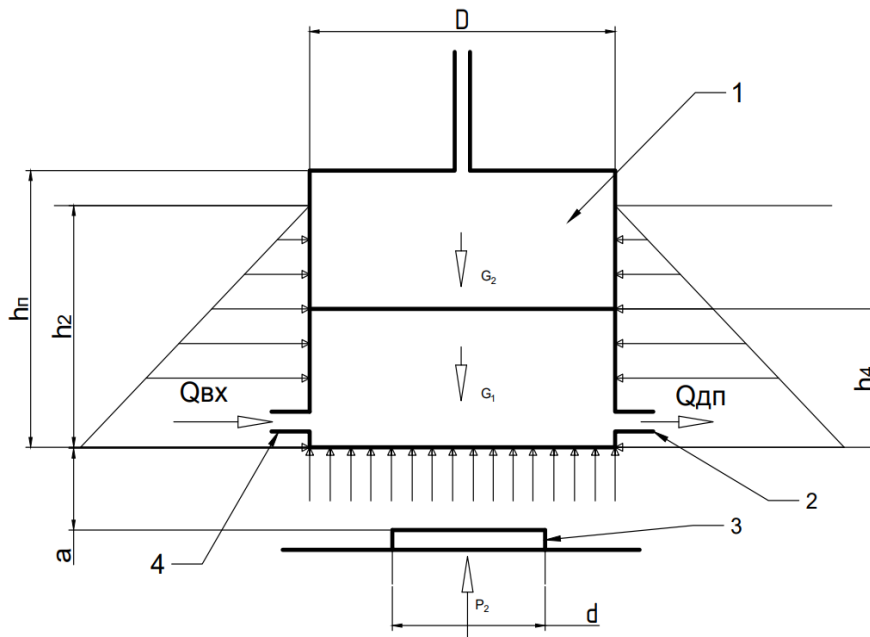


Рис. 2. Схема для розрахунку часу закриття поплавка-затвора t_2 : 1 – поплавок-затвор; 2 – вихідний патрубок; 3 – кільцевий водозлив водопропускного лотка; 4 – вхідний патрубок

Fig. 2. Diagram for calculating the closing time of the float-gate t_2 : 1 – float-gate; 2 – outlet pipe; 3 – annular spillway of the water passage trough; 4 – inlet pipe

Табл. 1. Дані та результати статистичної обробки під час визначення часу t_1 (відкриття) і t_2 (закриття).
Table 1. Data and results of statistical analysis for determining the float-gate opening time t_1 and closing time t_2

$h_2 = 0,25$ м				
Діаметр d_1 , мм	t_{2i} , с (метал)	t_{2i} , с (пластик)	t_{1i} , с (метал)	t_{1i} , с (пластик)
6,2	348,59	539,60	47,18	22,31
9,1	156,09	244,75	50,48	23,15
12,6	63,25	109,50	50,48	24,79
15,7	23,04	52,83	70,91	27,07
21,2	2,40	18,74		35,07
$h_2 = 0,27$ м				
Діаметр d_1 , мм	t_{2i} , с (метал)	t_{2i} , с (пластик)	t_{1i} , с (метал)	t_{1i} , с (пластик)
6,2	386,80	569,30	45,14	22,16
9,1	174,04	258,75	48,04	22,97
12,6	73,25	117,43	54,30	24,54
15,7	30,03	58,49	64,94	26,71
21,2	6,52	22,13		34,18
$h_2 = 0,29$ м				
Діаметр d_1 , мм	t_{2i} , с (метал)	t_{2i} , с (пластик)	t_{1i} , с (метал)	t_{1i} , с (пластик)
6,2	422,58	597,61	44,18	22,52
9,1	190,83	272,08	46,87	23,33
12,6	82,58	124,96	52,59	24,91
15,7	36,55	63,84	62,05	27,07
21,2	10,36	25,33		34,48
$h_2 = 0,31$ м				
Діаметр d_1 , мм	t_{2i} , с (метал)	t_{2i} , с (пластик)	t_{1i} , с (метал)	t_{1i} , с (пластик)
6,2	456,30	624,70	42,83	22,44
9,1	206,66	284,83	45,29	23,23
12,6	91,35	132,12	50,45	24,76
15,7	42,66	68,92	58,68	26,85
21,2	13,95	28,35		33,89
$h_2 = 0,33$ м				
Діаметр d_1 , мм	t_{2i} , с (метал)	t_{2i} , с (пластик)	t_{1i} , с (метал)	t_{1i} , с (пластик)
6,2	488,24	650,73	42,28	22,82
9,1	221,64	297,06	44,62	23,62
12,6	99,64	138,98	49,47	25,16
15,7	48,42	73,76	57,09	27,26
21,2	17,34	31,23		34,30
$h_2 = 0,35$ м				
Діаметр d_1 , мм	t_{2i} , с (метал)	t_{2i} , с (пластик)	t_{1i} , с (метал)	t_{1i} , с (пластик)
6,2	518,64	675,79	41,32	22,79
9,1	235,89	308,84	43,50	23,57
12,6	107,51	145,56	48,00	25,07
15,7	53,89	78,39	54,92	27,12
21,2	20,54	33,98		33,89

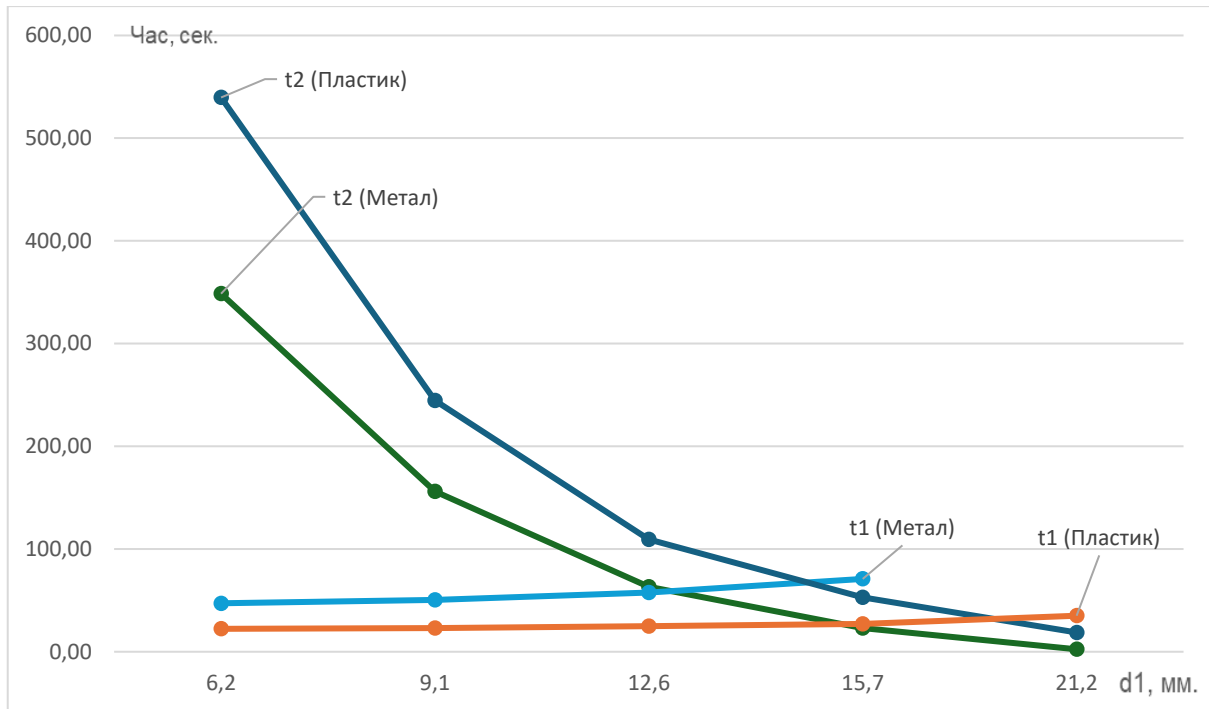


Рис. 3. Графік залежності $t_1 = f(d_1)$, $t_2 = f(d_1)$ для металевого та пластикового поплавка затвора при $h_2 = 0,25$ м

Fig. 3. Graph of the dependence $t_1 = f(d_1)$, $t_2 = f(d_1)$ for the metal and plastic float-gate at $h_2 = 0,25$ м

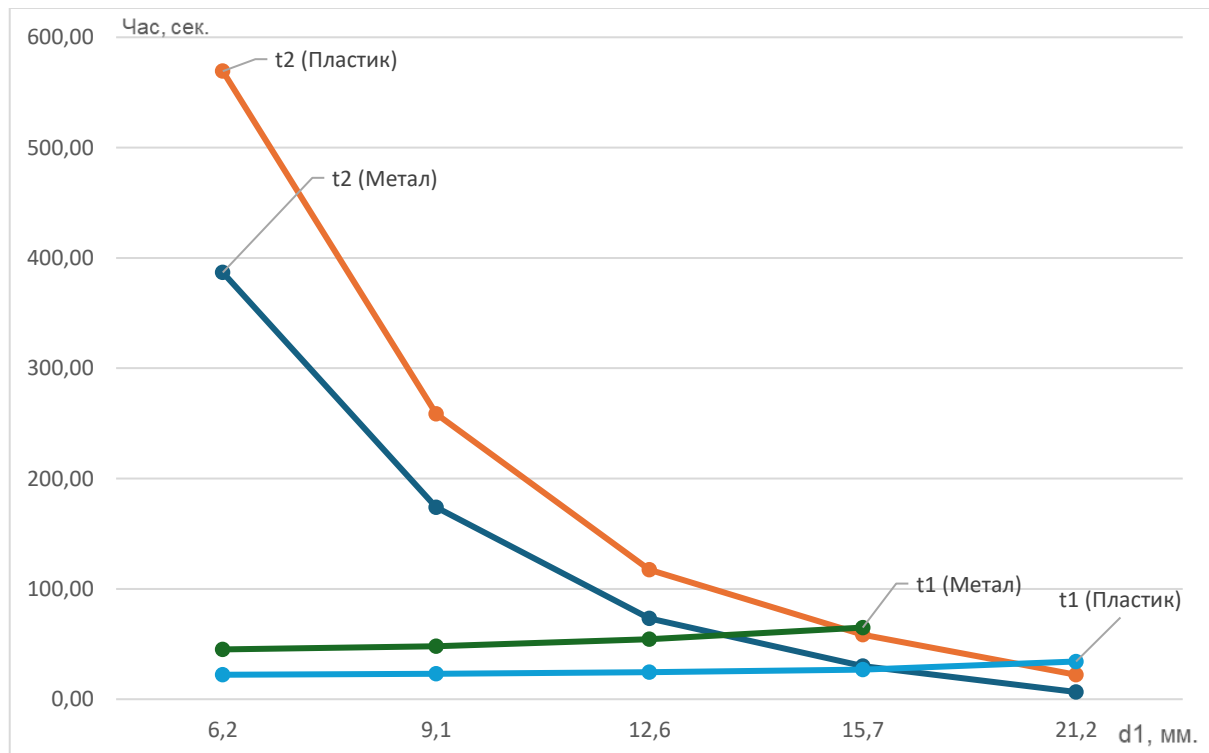


Рис. 4. Графік залежності $t_1 = f(d_1)$, $t_2 = f(d_1)$ для металевого та пластикового поплавка затвора при $h_2 = 0,27$ м

Fig. 4. Graph of the dependence $t_1 = f(d_1)$, $t_2 = f(d_1)$ for the metal and plastic float-gate at $h_2 = 0,27$ м

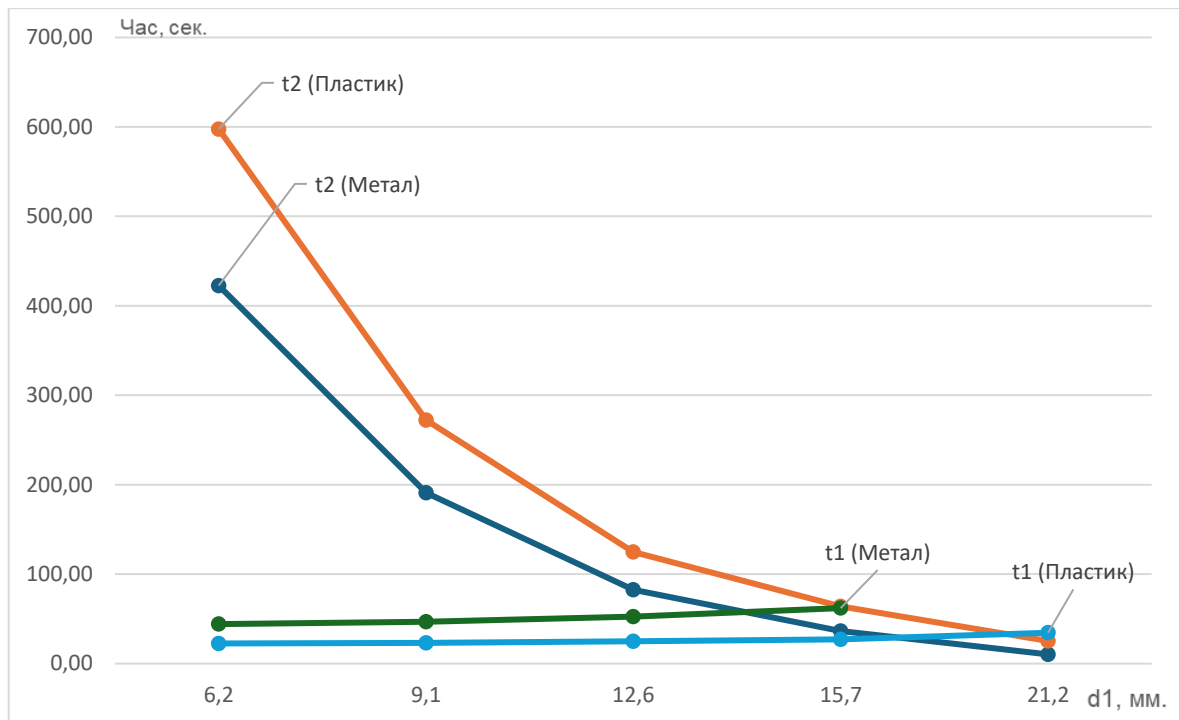


Рис. 5. Графік залежності $t_1 = f(d_1)$, $t_2 = f(d_1)$ для металевого та пластикового поплавка затвора при $h_2 = 0,29$ м

Fig. 5. Graph of the dependence $t_1 = f(d_1)$, $t_2 = f(d_1)$ for the metal and plastic float-gate at $h_2 = 0,29$ м

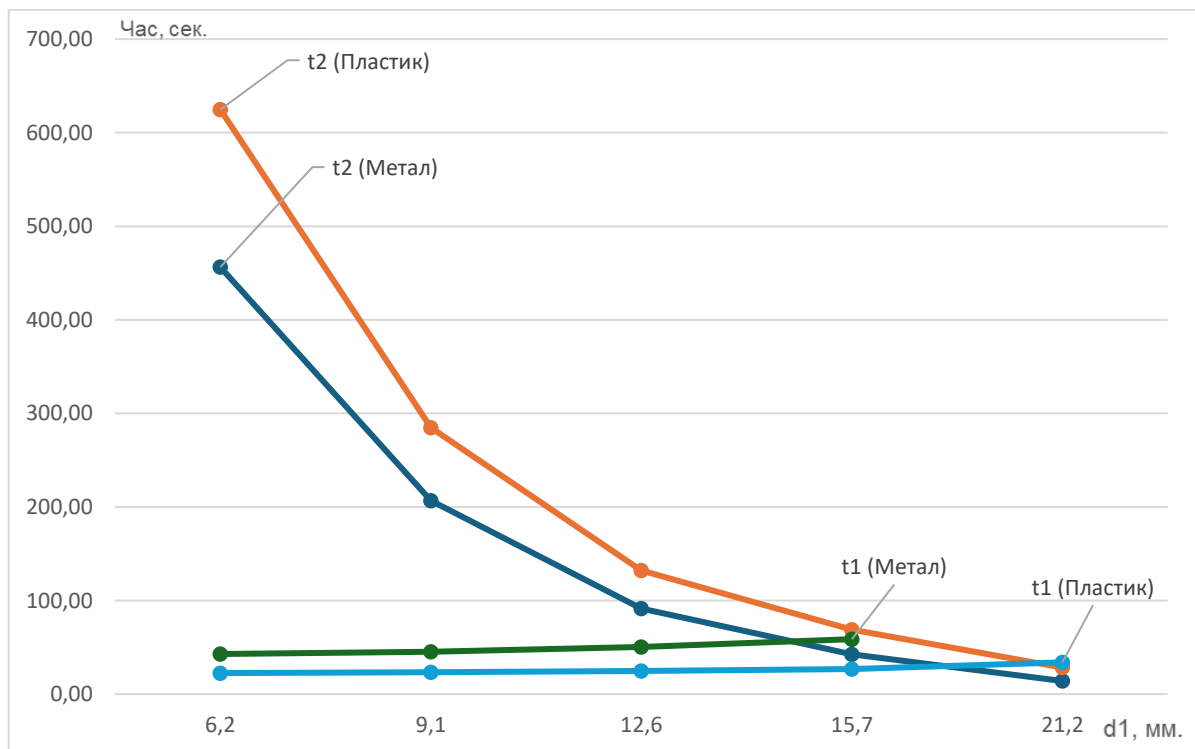


Рис. 6. Графік залежності $t_1 = f(d_1)$, $t_2 = f(d_1)$ для металевого та пластикового поплавка затвора при $h_2 = 0,31$ м

Fig. 6. Graph of the dependence $t_1 = f(d_1)$, $t_2 = f(d_1)$ for the metal and plastic float-gate at $h_2 = 0,31$ м

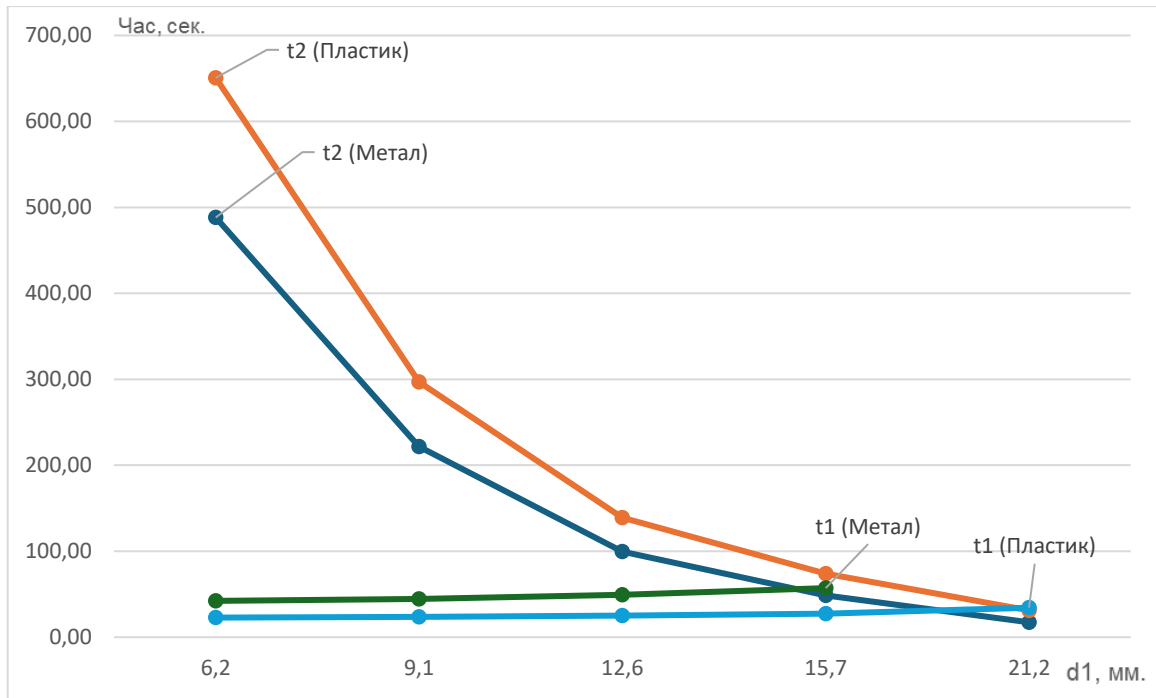


Рис. 7. Графік залежності $t_1 = f(d_1)$, $t_2 = f(d_1)$ для металевого та пластикового поплавка затвора при $h_2 = 0,33$ м

Fig. 7. Graph of the dependence $t_1 = f(d_1)$, $t_2 = f(d_1)$ for the metal and plastic float-gate at $h_2 = 0,33$ м

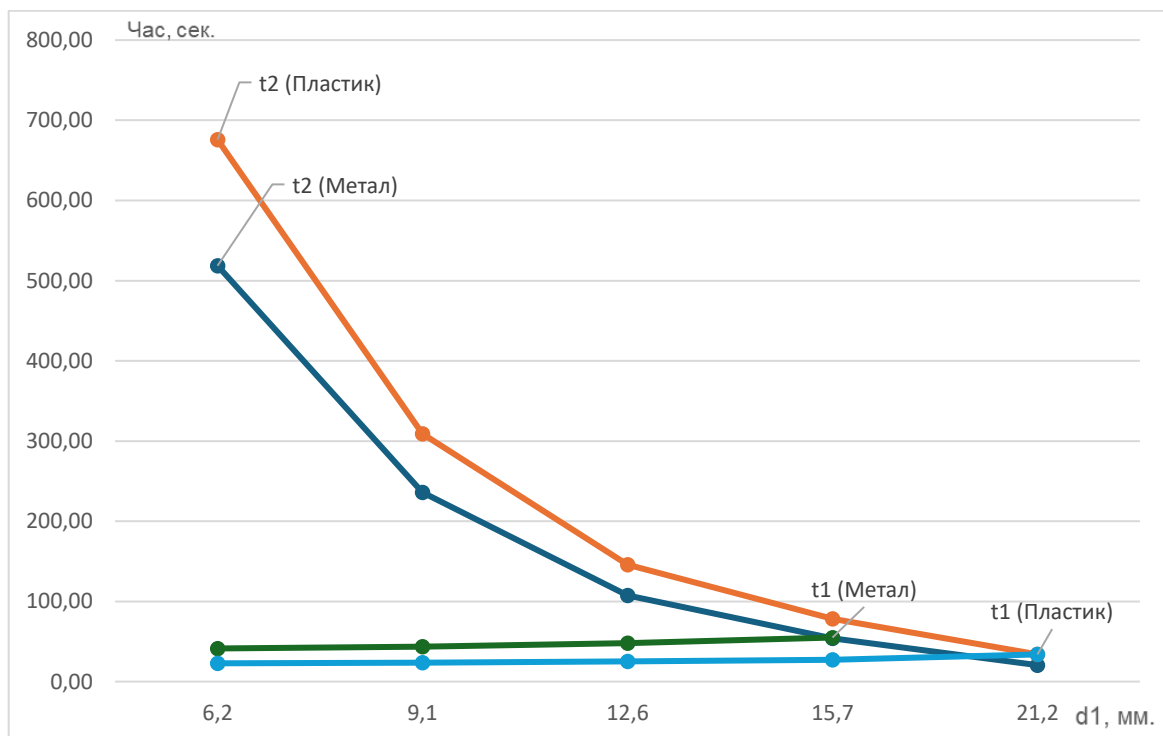


Рис. 8. Графік залежності $t_1 = f(d_1)$, $t_2 = f(d_1)$ для металевого та пластикового поплавка затвора при $h_2 = 0,35$ м

Fig. 8. Graph of the dependence $t_1 = f(d_1)$, $t_2 = f(d_1)$ for the metal and plastic float-gate at $h_2 = 0,35$ м

Аналізуючи вище наведені графіки встановлено, що зі збільшенням діаметра вхідного патрубка час спрацювання системи при відкритті поступово збільшується, а при закритті поступово зменшується. Це пояснюється тим, що при збільшенні d_1 збільшується витрата через вхідний патрубок, а, отже, швидше змінюється рівень h (умовний рівень води) у середині поплавка затвора. Таким чином система динамічніше досягає рівноважного стану.

Для металевого поплавка-затвора характерна більш повільна реакція на зміну рівня води. У певній точці для усіх випадків на графіках дві криві перетинаються, а це означає, що саме таке їхнє положення відповідає оптимальному діаметру вхідного патрубка, при якому швидкість відкриття і закриття є однаковою. Це положення можна охарактеризувати як умову гідродинамічної рівноваги, коли система буде реагувати на зміну рівня стабільно, без коливань.

Пластиковий поплавок-затвор має іншу закономірність: криві часу відкриття розташовані нижче відносно аналогічних кривих для металевого поплавка затвора, а точка їхнього перетину зміщуються у бік більших діаметрів вхідного патрубка. Тобто при збільшенні пропускної здатності d_1 конструкція зберігає стабільність, і, водночас, реагує значно швидше. Це пов'язано з меншою масою поплавка, тобто меншою його інерційністю та більшою плавучістю. Завдяки цьому при однакових умовах пластиковий поплавок-затвор відкривається і закривається швидше.

Також зі збільшення початково рівня занурення h_2 спостерігається і спільна тенденція: зі збільшенням початкового рівня занурення від (0,25..0,35м) спостерігається закономірне зміщення точки гідродинамічної рівноваги, для обох типів поплавка затвора у бік збільшення вхідного патрубка d_1 .

Це означає, що при більшому початковому зануренні поплавка для досягнення рівноважного стану системи потрібен більший діаметр вхідного патрубка, щоб відновити рівновагу в тому ж часовому діапазоні.

Таким чином, за результатами проведених досліджень встановлено, що збільшення початкового занурення поплавка викликає

зміщення точки рівноваги регулятора у напрямку більших діаметрів вхідних отворів. Ця закономірність має практичне значення для оптимізації конструкції та налаштування осушувально-зволожувальних систем, оскільки дозволяє враховувати вплив рівня води на швидкодію і стабільність роботи регулятора.

ВИСНОВКИ

Результати досліджень показали, що як металевий, так і пластиковий поплавок-затвор забезпечують стабільну роботу гідроавтоматичного регулятора рівня води. Металевий поплавок відзначається міцністю, стійкістю до механічних впливів і надійністю у довготривалій експлуатації, однак він має більшу інерційність і реагує на зміну рівня води дещо повільніше.

Пластиковий поплавок, навпаки, завдяки меншій масі та більшій плавучості демонструє швидшу реакцію на зміну рівня води, скорочує час відкриття та закриття затвора й забезпечує більш плавну роботу системи без коливань. Крім того, він зберігає стабільність навіть при збільшенні діаметра вхідного патрубка, що дозволяє ефективно працювати у значно ширшому діапазоні витрат. Отже, обидві конструкції можуть використовуватися у гідроавтоматичних регуляторах рівня води, проте, пластиковий поплавок має перевагу за швидкодією, чутливістю та стабільністю роботи, що робить його більш доцільним у використанні для сучасних осушувально-зволожувальних систем.[6]

ЛІТЕРАТУРА

1. **Богущ О. О.** Теоретичні дослідження і математична модель часу закривання поплавка-затвора на гідравлічній моделі регулятора рівня води / О. О. Богущ // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки : наук.-техн. зб. Київ : КНУБА, 2025. Вип. 51. С. 4–11.
2. **Ніколайчук О. М.** Математична модель динаміки зміни рівнів води в колодязях осушувально-зволожувальної системи при регулюванні норми осушення / О. М. Ніколайчук // Журнал Національного університету водного господарства та природокористування : зб. наук. праць. Рівне, 2007. Вип. 3 (39), ч. 2. С. 107–117.

3. **Хлапук М. М., Ніколайчук О. В.** Моделювання гідравлічних процесів у гідроавтоматизованій модульній осушувально-зволожувальній системі // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво : зб. наук. праць. Рівне, 2005. Вип. 30. С. 142–152.
4. **Пастушенко В. Й., Стеценко А. М.** Автоматизована система управління вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур при підґрунтового зволоженні // Вісник Інженерної академії наук України. 2009. № 1. С. 177–183.
5. **Матус С. К.** Удосконалення водорегулювання на автоматизованих осушувально-зволожувальних системах з урахуванням рельєфної диференціації території : дис. ... канд. техн. наук : 06.01.02 / Світлана Костянтинівна Матус. Рівне, 2013. 208 с.
6. **Чалий Б., Мозоль Н.** Проектування осушувально-зволожувальних систем блочно-модульного типу // Водне господарство України. 2009. № 6. С. 55–58.
7. **Хлапук М. М., Ткачук М. М., Шинкарук Л. А., Дем'янюк А. В.** Регулювання водного режиму ґрунтів дренажними системами в гумідній зоні // Вісник НУВГП. Технічні науки. 2022. Вип. 4 (100). С. 3–13.
8. **Наумчук О. М.** Удосконалення процесів водорегулювання на осушувально-зволожувальних системах засобами гідравлічної автоматизації : дис. ... канд. техн. наук : 06.01.02 / Олександр Миколайович Наумчук. Рівне, 2007. 218 с.
9. **Ніколайчук О. М.** Дослідження рівноваги сил, що діють на відкритий поплавков затвора гідроавтоматичного регулятора рівня АРУ-200Ц / О. М. Ніколайчук // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування : зб. наук. праць. Рівне, 2009. Вип. 3 (47), ч. 1. С. 407–413.
10. **Науменко І. І., Мороз С. М., Волощук В. А.** Пропускна здатність насадків та отворів, влаштованих у трубопроводах-збирачах // Вісник Української державної академії водного господарства : зб. наук. пр. Рівне, 1999. вип. 2, ч. 1. С. 182–185.
11. **Чернюк В. В.** Диференціальне рівняння руху рідини зі змінною масою з урахуванням реакції на зміну витрати // Вісник Українського державного університету водного господарства та природокористування. Рівне : УДУВГП, 2002. Вип. 5 (18). С. 196–201.
12. **Жацик А. В.** Моделювання та автоматизація гідротехнічних процесів : монографія. Рівне : НУВГП, 2014. 260 с.
13. **Development and application of hydraulic simulation model for irrigation canal network** [Електронний ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/245288875_Development_and_Application_of_Hydraulic_Simulation_Model_for_Irrigation_Canal_Network
14. **Гевко Б. М., [та ін.]** Гідропривод і гідроавтоматика сільськогосподарської техніки : посіб. Тернопіль : Вид-во ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 381 с.
15. **Жацик А. В.** Сучасні технології управління водними режимами в меліоративних системах : монографія. Рівне : НУВГП, 2018. 268 с.
16. **Луценко В. В.** Технічна механіка рідини і газу в тестах і задачах : навч. посіб. / В. В. Луценко; Нац. ун-т вод. госп-ва та природокористування. Рівне : НУВГП, 2015. 193 с.
17. **Concaret, J.** Drainage Agricole. Théorie et pratique / J. Concaret. Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne, 1981. 509 p.
18. **Eckert, M.** The dawn of fluid dynamics : a discipline between science and technology / M. Eckert. Weinheim : Wiley-VCH, 2005. <https://doi.org/10.1002/9783527610730>
19. **Heyden T., Pates R., Rantzer A.** A structured optimal controller for irrigation networks [Електронний ресурс] // arXiv. 2022. URL: <https://arxiv.org/abs/2203.16575>
20. **Martin D. L., Heerman D. F., Madison M.** Hydraulics of sprinkler and microirrigation systems. Design and operation of farm irrigation systems, 2nd Edition, 2007. P. 532-556. <https://doi.org/10.13031/2013.23698>

REFERENCES

1. **Bohush, O. (2025).** Theoretical studies and mathematical model of the gate opening time on the hydraulic model of the water level regulator. *Problems of Water Supply, Sewerage and Hydraulic*, (51), 4–11. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2025.51.4-11>
2. **Nikolaychuk, O. M. (2007).** Mathematical model of water level dynamics in wells of drainage-irrigation systems under drainage rate regulation. *Visnyk of the National University of Water and Environmental Engineering*, 3(39(2)), 107–117. [in Ukrainian]
3. **Khlapuk, M. M., & Nikolaychuk, O. V. (2005).** Modeling of hydraulic processes in hydro-automated modular drainage-irrigation systems. *Hydromelioration and Hydraulic Engineering*, 30, 142–152. [in Ukrainian]
4. **Pastushenko, V. Y., & Stetsenko, A. M. (2009).** Automated control system of moisture supply for crops under subsurface irrigation.

Bulletin of the Engineering Academy of Sciences of Ukraine, 1, 177–183. [in Ukrainian]

5. **Matus, S. K. (2013).** *Improvement of water regulation in automated drainage-irrigation systems considering terrain differentiation*. PhD Thesis (Tech. Sci.), 06.01.02. Rivne: NUVGP. [in Ukrainian]

6. **Chalyi, B., & Mozol, N. (2009).** *Proektuvannia osushuvalno-zvolozhuvalnykh system blochno-modulnoho typu* [Design of block-modular drainage-irrigation systems]. *Vodnie hospodarstvo Ukrainy*, 6, 55–58. [in Ukrainian]

7. **Khlapuk, M. M., Tkachuk, M. M., Shynkaruk, L. A., & Demianiuk, A. V. (2022).** *Regulation of soil water regime by drainage systems in humid zones*. *Visnyk of NUVGP. Technical Sciences*, 4(100). 3–13. Retrieved from <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/25840> [in Ukrainian]

8. **Naumchuk, O. M. (2007).** *Improvement of water regulation processes in drainage-irrigation systems by means of hydraulic automation*. PhD Thesis (Tech. Sci.), 06.01.02. Rivne: NUVGP. [in Ukrainian]

9. **Nikolaychuk, O. M. (2009).** *Study of force equilibrium acting on the open float of the APU-200Ts hydraulic automatic level regulator gate*. *Visnyk of the National University of Water and Environmental Engineering*, 3(47(1)). 407–413. [in Ukrainian]

10. **Naumenko, I. I., Moroz, S. M., & Voloshchuk, V. A. (1999).** *Flow capacity of nozzles and orifices installed in collector pipelines*. *Visnyk of the Ukrainian State Academy of Water Management*, 2(1). 182–185. [in Ukrainian]

11. **Cherniuk, V. V. (2002).** *Differential equation of fluid motion with variable mass considering reaction to discharge change*. *Visnyk of the Ukrainian State University of Water Management*

and Environmental Engineering, 5(18). 196–201. [in Ukrainian]

12. **Zhatyk, A. V. (2014).** *Modeling and automation of hydraulic processes*: monograph. Rivne: NUWEE. [in Ukrainian]

13. **Islam, A., Raghuwanshi, N. S., & Singh, R. (2008).** *Development and Application of Hydraulic Simulation Model for Irrigation Canal Network*. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 134(1), 49–59. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9437\(2008\)134:1\(49\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9437(2008)134:1(49))

14. **Hevko, B. M. et al. (2015).** *Hydraulic drives and automation of agricultural machinery*: textbook. Ternopil: TNTU Publishing House. [in Ukrainian]

15. **Zhatyk, A. V. (2018).** *Modern technologies for managing water regimes in reclamation systems*: monograph. Rivne: NUVGP. [in Ukrainian]

16. **Lutsenko, V. V. (2015).** *Technical mechanics of fluids and gases in tests and problems*: textbook. Rivne: NUVGP. [in Ukrainian]

17. **Concaret, J. (1981).** *Drainage Agricole. Théorie et pratique*. Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne.

18. **Eckert, M. (2005).** *The dawn of fluid dynamics: A discipline between science and technology*. Weinheim: Wiley-VCH. <https://doi.org/10.1002/9783527610730>

19. **Heyden, M., Pates, R., & Rantzer, A. (2022).** *A Structured Optimal Controller for Irrigation Networks*. *2022 European Control Conference (ECC)*, 2297–2304. <https://doi.org/10.23919/ecc55457.2022.9838239>

20. **Martin, D. L., Heerman, D. F., & Madison, M. (2007).** *Hydraulics of sprinkler and microirrigation systems*. In *Design and operation of farm irrigation systems* (2nd ed., pp. 532–556). <https://doi.org/10.13031/2013.23698>

Analysis of the results of the study of the opening and closing time of the float-gate of the automatic water level regulator

Oleksandr Bohush

Abstract. The paper presents the results of a study on the dynamics of the opening and closing of the float-gate of an automatic water level regulator used in drainage and irrigation systems. The dependencies of the opening time t_1 and closing time t_2 on the inlet pipe diameter d_1 , float material (metal or plastic), and initial immersion depth h_2 were determined. The results show that with an increase in d_1 the closing time decreases while the opening time of the float-gate increases. Optimal parameter ratios were identified, under which the system reaches hydrodynamic equilibrium and ensures stable operation without oscillations. It has been proven that the plastic float has lower inertia, provides higher responsiveness, and ensures better control stability compared to the metal one. The research results can be used to improve the design of automatic water level regulators and to enhance the efficiency of drainage and irrigation systems.

Key words: float-gate, mathematical model, pipe diameter, drainage and irrigation system, automatic water level regulator, opening time, closing time.

Стаття надійшла до редакції 14.11.2025