ГІДРОТЕХНІКА

УДК 626.83:532 https://doi.org/10.31713/vt320187

Хлапук М. М., д.т.н, професор, Ніколайчук О. М., к.т.н. (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ МІНІМАЛЬНОЇ ГЛИБИНИ ВОДИ У ПОПЛАВКУ-ЗАТВОРІ ГІДРОАВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЯТОРА РІВНЯ З ПОДОВЖЕНИМ ГІДРАВЛІЧНИМ ЗВ'ЯЗКОМ

Досліджено дослідний зразок гідроавтоматичного регулятора рівня. Отримано математичну модель для визначення мінімальної глибини води у поплавку-затворі. Наведено результати експериментального дослідження мінімальної глибини води у поплавку-затворі. Визначено вплив глибини занурення та діаметра вхідного патрубка на мінімальну глибину води у поплавку-затворі. Доведено адекватність математичної моделі.
Ключові слова: **поплавок-затвор, витрата, мінімальна глибина, глибина занурення.**

Актуальність роботи. Проблема підвищення ефективності використання сільськогосподарських угідь в зоні осушувальних меліорацій не втрачає своєї актуальності і сьогодні, перш за все через несприятливі водно-фізичні властивості ґрунтів та їх еколого-меліоративний стан. Це призводить до зниження рівня врожайності вирощуваних культур та недотримання вирощуваної сільськогосподарської продукції на землях з регульованим водним режимом, зниження ефективності їх використання [1]. На даний час спостерігається і значний розрив між рівнем розвитку наукових ідей та ефективністю їх реалізації в умовах виробництва. Назріла нагальна потреба доведення наукових розробок до головних користувачів – проектувальників та експлуатаційників меліоративних систем, і зробити ці методи невід'ємною складовою відповідних технологічних процесів на виробництві [1]. Крім того у меліоративному землеробстві відбувся перехід до ринкових умов та приватної власності на землю, проведено розукрупнення водокористувачів, що вимагає нового підходу до реконструкції та модернізації меліоративних систем, особливо щодо управління ними та автоматизації технологічних процесів.

Під час реконструкції та модернізації меліоративних систем необхідно орієнтуватися на енергозберігаючі технології, адже вартість енергоресурсів постійно збільшується. На меліоративних системах

доцільно використовувати гідроавтоматичні регулятори рівня, що використовують енергію зосередженого напору чи руху води.

Аналіз досліджень та публікацій. Розробкою та дослідженням гідроавтоматичних регуляторів рівня займалися такі вчені: Фінке М.Ф., Нікітіна Ф.А. (м. Ташкент, Узбекистан), Бочкарьов Я.В., Маковський Е.Е., Волчкова В.В., Мельніков Б.І. (м. Фрунзе, Киргизстан), Коваленко П.І., Чалий Б.І., Тишенко А.І., Тугай А.М., А.Ф. Рубан (м. Київ), Б.О. Баховець, В.Й. Пастушенко, С.Ю. Бочарьов, Наумчук О.М., Гаць П.І., Хлапук М.М. (м. Рівне) та ін. За кордоном найвідомішою є французька фірма «Нейрпік», яка має різноманітні розробки з автоматизованого водорегулювання [2].

Найновішими публікаціями в яких розглядають автоматизацію меліоративних систем є стаття Коваленка П.І. [3] де він описує модульний принцип автоматизації осушувально-зволожувальних систем під час їх реконструкції. Наумчук О.М. в роботі [4] розглянув перспективи автоматизації водорегулювання осушуваних земель. Рубан О.Ф. в роботі [5] зібрав найновіші винаходи по гідравлічній автоматизації меліоративних систем.

В роботі [6] Чалого Б.І. та Дробота О.В. наведено результати експериментальних досліджень з оцінки ефективності технології регулювання водного режиму на осушуваних землях з використанням гідроавтоматичних регуляторів рівня ґрунтових вод.

У статті [7] Х. Літрісо, Г. Белауд, Й-П Бауме, Й. Рібот-Бруно запропонували ефективну математичну модель автоматичного висхідного управління рівнем води за допомогою затвора Бегемана.

В роботі [8] М. Рійо та С. Арранйа запропонували систему контролю і управління, розроблену для португальської системи зрошувального каналу, оснащеної моторизованими шлюзовими воротами і буферними резервуарами.

Розроблено також нові конструкції гідроавтоматичних регуляторів такі як: гідроавтоматичний регулятор дренажного стоку, автори Шатний С.В., Матус С.К.; гідравлічний регулятор дренажного стоку, автори Ткачук М.М., Кириша Р.О.; гідравлічний регулятор стоку дренажно-модульної системи, автори Ткачук М.М., Кириша Р.О., Кухнюк Н.В.; система управління підґрунтовими водами з автоматичним регулятором витрати води, автор Ч. Шефер; система і метод управління підґрунтовими водами, автор Ч. Шефер, Б. Динсдейл, Ф. Алгрен, У. Литтлер; система і метод управління підґрунтовими водам з датчиком чистоти, автори Ч. Шефер, Ф. Алгрен; регулятор потоку гончарного дренажу, автори Ч. Шефер, Л. Бебоут, У. Литтлер, пристрій регулю-

вання рівня вод на рисовому полі Т. Хасимото, К. Такао, Ц. Онодера.

Постановка проблеми. В роботі Рокочинського А.М. [1] акцентовано увагу на тому, що на даний час спостерігається значний розрив між рівнем розвитку наукових ідей та ефективністю їх реалізації в умовах виробництва. Назріла нагальна потреба доведення наукових розробок до головних користувачів – проектувальників та експлуатаційників меліоративних систем, і зробити ці методи невід'ємною складовою відповідних технологічних процесів на виробництві.

Незважаючи на те що існують різноманітні патенти гідроавтоматичних регуляторів, дуже мала кількість регуляторів запроваджена у виробництво. Це пояснюється тим, що для успішного запровадження як гідроавтоматичних так і інших регуляторів, необхідно проводити експериментальні дослідження як в лабораторних умовах так і на виробництві.

Рубаном А.Ф., Яциком А.В., Хлапуком М.М., Стасюком Я.П. запатентовано гідроавтоматичний регулятор рівнів води та осушувально-зволожувальну систему що обладанана таким регулятором (рис. 1).

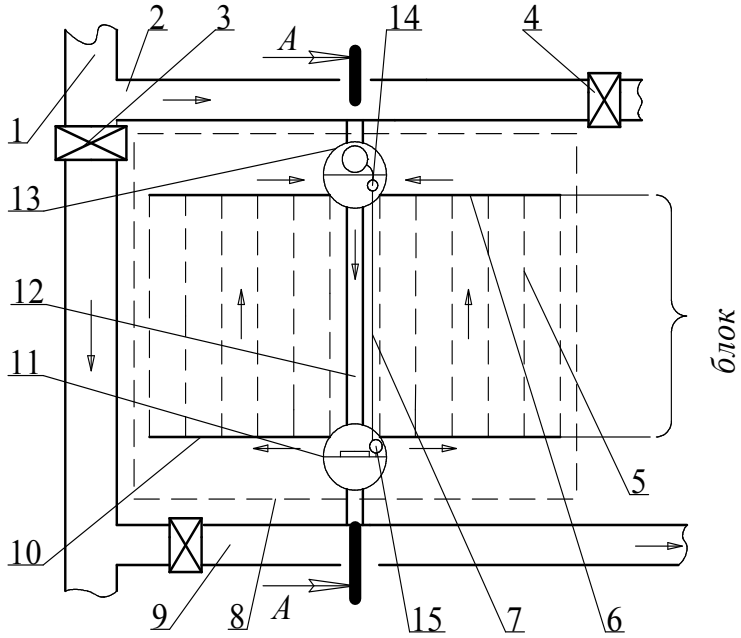

Рис. 1. Схема одноблочної модульної автоматизованої осушувально-зволожувальної системи: 1 – магістральний канал; 2 – зволожувальний канал; 3 – головний підпірний шлюз; 4– шлюз-регулятор; 5 – дрени; 6 – аераційний колектор 7 – закритий гідравлічний зв'язок; 8 – границя модуля; 9 – осушувальний канал; 10 – дренажний колектор; 11 – скидний колодязь; 12 – осушувально-зволожувальний колектор; 13 – водоприймальний колодязь; 14 – датчик-прискорювач; 15 – датчик рівня

Запропонована осушувально-зволожувальна система працює наступним чином. Вода зі зволожувального каналу надходить у водоприймальний колодязь, в якому розміщений гідроавтоматичний регулятор. При пониженні рівня ґрунтових вод нижче норми осушення спрацьовує датчик рівня. Гідроавтоматичний регулятор відкривається. Вода по осушувально-зволожувальному колектору надходить у скидний колодязь, у дренажний колектор та в дрени, внаслідок чого підвищується рівень ґрунтових вод, надлишок води скидається в осушувальний канал. Після того, як рівень ґрунтових вод підвищився на необхідну величину, спрацьовує датчик рівня, гідроавтоматичний регулятор закриється до того моменту часу, коли рівень ґрунтових вод понизиться нижче норми осушення. Далі цикл роботи системи повториться.

Гідроавтоматичний регулятор рівнів води працює наступним чином (рис. 2). При пониженні рівня ґрунтових вод понижується рівень у скидному колодязі. Поплавок датчика рівня також понижується і відкриває вільний витік води з гідравлічного зв'язка, тиск води у гідравлічному зв'язку зменшується, що призводить до пониження поплавка датчика-прискорювача. Поплавок датчика-прискорювача відкриває вільний витік води із внутрішньої ємкості поплавка-затвора, його маса зменшується і він спливає, відкриваючи кільцевий водозлив водопропускного лотка. Вода надходить у систему. Після того, як рівень води у скидному колодязі підвищиться на задану величину, поплавок датчика рівня також підвищується і перекриває вільний витік води із гідравлічного зв'язка. Тиск води у гідравлічному зв'язку підвищується, поплавок датчика-прискорювача також підвищується і перекриває вільний витік води із внутрішньої ємкості поплавка-затвора, його маса збільшується, він тоне і перекриває кільцевий водозлив водопропускного лотка. Далі цикл роботи системи повториться.

Мета та задачі дослідження. Для кращого запровадження гідроавтоматичного регулятора рівня води необхідно провести його теоретичні та експериментальні дослідження.

У роботі [9; 10] досліджено рівновагу сил, що діють на закритий поплавок-затвор гідроавтоматичного регулятора, а також аналітично отримано глибину води у поплавку-затворі при якій він виштовхується h_3 та занурюється h_4. Проте не відомо яка мінімальна глибина води може встановлюватися в поплавку-затворі.

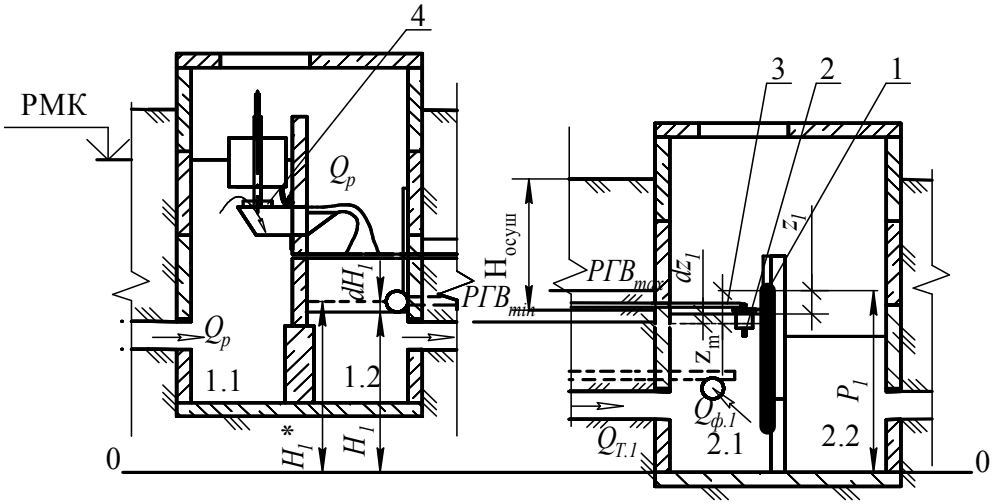

Рис. 2. Схема роботи модуля ОЗС при підвищенні рівнів води в колодязях:
1 – водозливна кромка; 2 – датчик рівня; 3 – гідравлічний зв'язок;
4 – кільцевий водозлив водопропускного лотка

Наступні дослідження спрямовані на визначення мінімальної глибини води у поплавку-затворі, в залежності від площі поперечного перерізу вхідного патрубка ω_1, та глибини занурення поплавка-затвора h_2.

Методи досліджень. Для вирішення поставлених задач проведено комплексні дослідження, які включають такі методи досліджень як математичне моделювання, лабораторний метод та статистичний аналіз. Математичне моделювання використано для визначення рівняння розрахунку мінімальної глибини води у поплавку-затворі. Лабораторний метод використано для експериментального визначення мінімальної глибини води у поплавку-затворі. Статистичний аналіз – для оцінки достовірності отриманих теоретичних та експериментальних результатів досліджень.

Виклад основного матеріалу. Мінімальну глибину води у поплавку-затворі знайдено з умови рівноваги витрат, що надходить у поплавок-затвор $Q_{вх}$ та витікає з нього $Q_{дп}$ (рис. 3).

Витрата води що надходить у поплавок-затвор визначається рівнянням,

$$Q_{вх} = \mu_1 \omega_1 \sqrt{2g(h_2 - h)}\,, \qquad (1)$$

де μ_1 – коефіцієнт витрати вхідного патрубка;

ω_1 – площа поперечного перерізу вхідного патрубка;

h_2 – глибина занурення дна поплавка-затвора під вільну поверхню води;

h – довільна глибина води у поплавку-затворі.

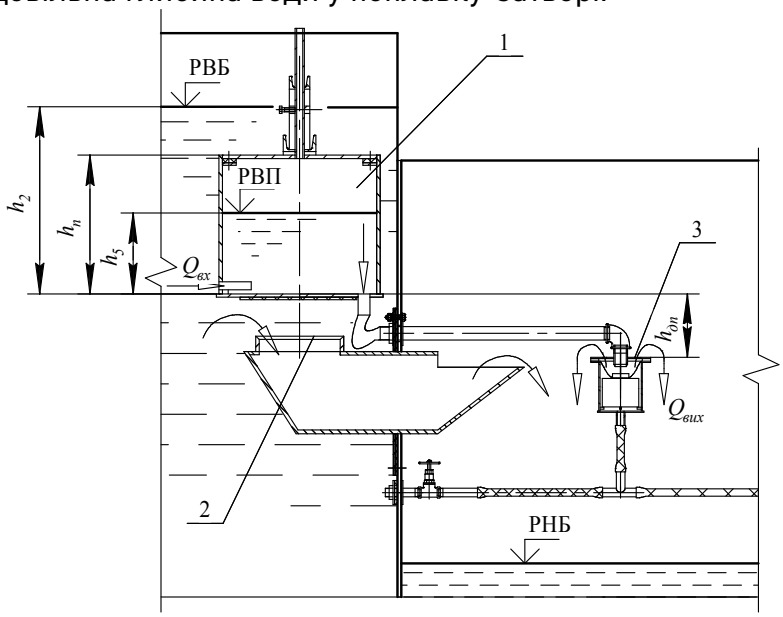

Рис. 3. Схема до розрахунку мінімальної глибини води у поплавку-затворі: 1 – поплавок-затвор; 2 – кільцевий водозлив; 3 – датчик-прискорювач

Витрата води що витікає із поплавка-затвора,

$$Q_{\partial n} = \mu_2 \omega_2 \sqrt{2g(h + h_{\partial n})}\,, \tag{2}$$

де μ_2 – коефіцієнт витрати датчика-прискорювача;

ω_2 – площа поперечного перерізу вихідних отворів датчика-прискорювача;

$h_{\partial n}$ – відстань по вертикалі від дна поплавка-затвора, до вихідних отворів датчика-прискорювача.

Позначимо глибину води при якій настає рівновага витрат через h_5 і прирівняємо витрату води, що надходить у поплавок-затвор та витрачається з нього,

$$\mu_1 \omega_1 \sqrt{2g(h_2 - h_5)} = \mu_2 \omega_2 \sqrt{2g(h_5 + h_{\partial n})}\,. \tag{3}$$

Знайдемо з цього рівняння глибину води h_5 при якій настає рівновага витрат,

$$h_5 = \frac{\mu_1^2 \omega_1^2 h_2 - \mu_2^2 \omega_2^2 h_{\partial n}}{\mu_1^2 \omega_1^2 + \mu_2^2 \omega_2^2}\,. \tag{4}$$

За рівнянням (4) розраховуємо мінімальну глибину води у поплавку-затворі.

Експериментальні дослідження мінімальної глибини води у по-

плавку-затворі гідроавтоматичного регулятора рівня проведено при наступних параметрах: діаметр поплавка-затвора D =400 мм, його висота h_n =350 мм, діаметр кільцевого водозливу d =200 мм. Маса поплавка-затвора *m*=15 кг.

Внутрішній діаметр вихідного патрубка d_2 =27 мм. Діаметр вхідного патрубка d_1, приймали 6,2; 9,1; 12,6; 15,7; 21,2 мм. Коефіцієнти витрати патрубків визначено експериментально.

Методика проведення експерименту наступна. За допомогою засувок грубого та точного регулювання витрати води, встановлювали задану відмітку рівня води у верхньому б'єфі. Вимірювання відміток води у верхньому б'єфі та у поплавку-затворі здійснювали п'єзометрами.

Результати досліджень. Експериментальні дані та результати їх статистичної обробки наведені в таблиці.

Таблиця

Експериментальні дані та результати їх статистичної обробки при дослідженні мінімальної глибини води у поплавку-затворі h_5

Діаметр вхідного патрубка d_1, мм	Глибина занурення поплавка-затвора h_2, м	Мінімальна глибина води у поплавку-затворі h_{5i}, м			Середнє значення мінімальної глибини $\overline{h}_5$, м	Теоретичне значення мінімальної глибини h_5, м	Дисперсія s_i^2, м^2
		$h_{5.1}$	$h_{5.2}$	$h_{5.3}$			
6,2	0,25	0,005	0,005	0,006	0,005	0,006	$0{,}7\times10^{-6}$
	0,27	0,006	0,005	0,006	0,006	0,007	$0{,}7\times10^{-6}$
	0,29	0,006	0,007	0,006	0,006	0,007	$0{,}7\times10^{-6}$
	0,31	0,008	0,006	0,007	0,007	0,007	$2{,}0\times10^{-6}$
	0,33	0,008	0,008	0,006	0,007	0,007	$2{,}7\times10^{-6}$
	0,35	0,007	0,008	0,008	0,008	0,007	$0{,}7\times10^{-6}$
9,1	0,25	0,011	0,008	0,010	0,010	0,011	$4{,}7\times10^{-6}$
	0,27	0,010	0,009	0,013	0,011	0,012	$8{,}7\times10^{-6}$
	0,29	0,011	0,013	0,014	0,013	0,013	$4{,}7\times10^{-6}$
	0,31	0,016	0,014	0,015	0,015	0,014	$2{,}0\times10^{-6}$
	0,33	0,015	0,014	0,015	0,015	0,015	$0{,}7\times10^{-6}$
	0,35	0,017	0,016	0,015	0,016	0,015	$2{,}0\times10^{-6}$
12,6	0,25	0,034	0,036	0,033	0,034	0,036	$4{,}7\times10^{-6}$
	0,27	0,040	0,038	0,042	0,040	0,039	$8{,}0\times10^{-6}$
	0,29	0,043	0,042	0,040	0,042	0,042	$4{,}7\times10^{-6}$
	0,31	0,046	0,048	0,045	0,046	0,045	$4{,}7\times10^{-6}$
	0,33	0,048	0,049	0,047	0,048	0,048	$2{,}0\times10^{-6}$
	0,35	0,054	0,050	0,052	0,052	0,051	$8{,}0\times10^{-6}$

продовження таблиці

15,7	0,25	0,070	0,072	0,073	0,072	0,073	$4{,}7\times10^{-6}$
	0,27	0,078	0,079	0,080	0,079	0,078	$2{,}0\times10^{-6}$
	0,29	0,085	0,083	0,081	0,083	0,084	$8{,}0\times10^{-6}$
	0,31	0,090	0,090	0,093	0,091	0,090	$6{,}0\times10^{-6}$
	0,33	0,094	0,095	0,095	0,095	0,096	$0{,}7\times10^{-6}$
	0,35	0,102	0,103	0,103	0,103	0,102	$0{,}7\times10^{-6}$
21,2	0,25	0,144	0,142	0,143	0,143	0,142	$2{,}0\times10^{-6}$
	0,27	0,154	0,155	0,155	0,155	0,154	$0{,}7\times10^{-6}$
	0,29	0,164	0,167	0,164	0,165	0,165	$6{,}0\times10^{-6}$
	0,31	0,178	0,177	0,176	0,177	0,176	$2{,}0\times10^{-6}$
	0,33	0,189	0,189	0,188	0,189	0,188	$0{,}7\times10^{-6}$
	0,35	0,198	0,198	0,199	0,198	0,199	$0{,}7\times10^{-6}$

По теоретично отриманій залежності та експериментальних даних побудовано графік мінімальної глибини води у поплавку-затворі в залежності від діаметра вхідного патрубка d_1, та глибини занурення поплавка-затвора h_2 (рис. 4). На графіку також показано глибину води у поплавку-затворі h_3 при якій поплавок-затвор виштовхується (прямі 6) [9].

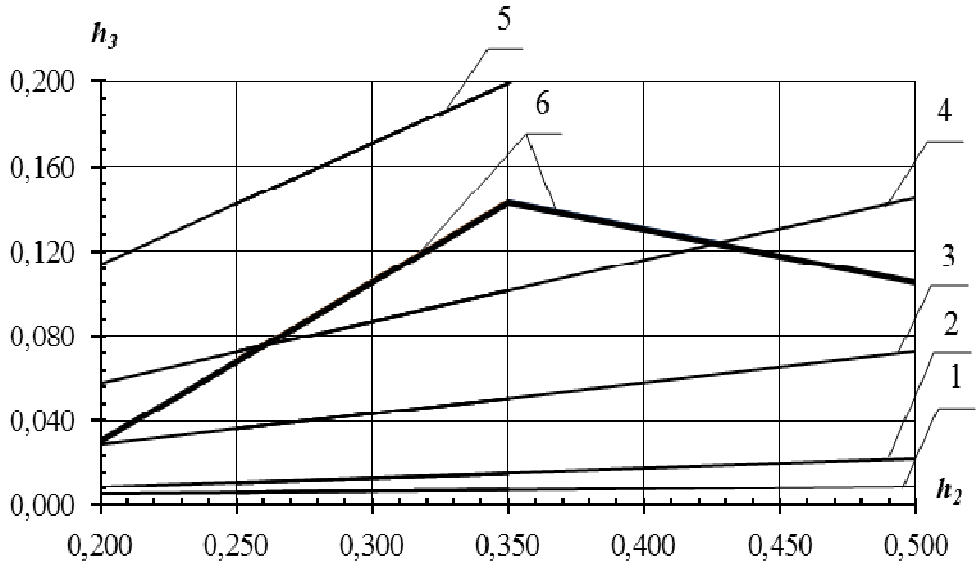

Рис. 4. Мінімальна глибина води у поплавку-затворі в залежності від діаметра вхідного патрубка d_1 та глибини занурення h_2: 1 – діаметр вхідного патрубка d_1 =6,2 мм; 2 – d_1 =9,1 мм; 3 – d_1 =12,6 мм; 4 – d_1 =15,7; 5 – d_1 =21,2 мм; 6 – глибина води у поплавку-затворі h_3 при якій він виштовхується, в залежності від глибини занурення h_2

На графіку видно що мінімальна глибина води у поплавку-затворі h_5 при діаметрах вхідного патрубка d_1 = 6,2; 9,1; 12,6; (прямі 1, 2, 3) менша глибини води h_3 при якій поплавок-затвор виштовхується.

Поплавок-затвор, в даному випадку, надійно відкривав кільцевий водозлив водопропускного лотка. При діаметрі вхідного патрубка d_1 = 15,7 мм, та глибині занурення h_2 =0,260...0,425 м (пряма 4) поплавок-затвор надійно відкривав кільцевий водозлив водопропускного лотка. При цьому ж діаметрі d_1 та глибині занурення h_2 =0,255 м та h_2 =0,43 м, спостерігалися стрибки поплавка-затвора, він працював не надійно. При глибині занурення h_2 <0,255 м та h_2 >0,430 м поплавок-затвора не виштовхувався взагалі, це пояснюється тим, що глибина води h_5 при якій настає рівновага витрат, більша глибини води при якій поплавок-затвор виштовхується h_3 ($h_5 > h_3$). При діаметрі вхідного патрубка d_1 = 21,2 мм (пряма 5) поплавок-затвора не виштовхувався взагалі, так як $h_5 > h_3$.

Висновки. На основі проведених теоретичних досліджень визначено мінімальну глибину води у поплавку-затворі, в залежності від площі поперечного перерізу вхідного патрубка ω_1, та глибини занурення поплавка-затвора h_2. Експериментальні дослідження з ймовірністю 95% доводять адекватність отриманого теоретичного рівняння. Встановлено глибини занурення h_2 та діаметр вхідного патрубка d_1 при яких надійно працює поплавок-затвор.

1. Рокочинський А. М. Наукові і практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах : монографія / за редакцією академіка УААН Ромащенка М. І. Рівне : НУВГП, 2010. 351 с. **2.** Kraatz D. B., Mahajan I. K. Small hydraulic structures. Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations 1982. FAO irrigation and drainage paper, 26, Ed. 2. 407 p. **3.** Коваленко П. І., Тишенко О. І., Нагалюк С. І. Модульний принцип автоматизації осушувально-зволожувальних систем при їх реконструкції. *Водне господарство України*. 2007. № 2. С. 44–48. **4.** Наумчук О. М. Сучасний стан та перспективи автоматизації водорегулювання осушуваних земель. *Вісник НУВГП. Технічні науки* : зб. наук. праць. Рівне, 2010. Вип. 2(50). С. 3–8. **5.** Рубан О. Ф. Гідравлічна автоматизація меліоративних систем. *Збірник наукових винаходів*. К. : Генеза, 2008. 64 с. **6.** Чалий Б. І., Дробот О. В. Технологія регулювання водного режиму осушуваних земель з використанням дренажного стоку. *Меліорація і водне господарство*. 2011. Вип. 99.

С. 91–97. **7.** Hydraulic Modeling of an Automatic Upstream Water-Level Control Gate / X. Litrico, G. Belaud, J-P. Baume, J. Ribot-Bruno. *Journal of irrigation and drainage engineering*. 2005. March/April. P. 176–189. **8.** Rijo M., Arranja C. Supervision and Water Depth Automatic Control of an Irrigation Canal. *Journal of irrigation and drainage engineering*. 2010. January. P. 3–10. **9.** Хлапук М. М., Ніколайчук О. М., Безусяк О. В. Дослідження рівноваги сил що діють на поплавок затвора гідроавтоматичного регулятора рівня АРУ-200Ц. *Вісник НУВГП. Технічні науки* : зб. наук. праць. Рівне, 2008. Вип. 2 (42). С. 202–210. **10.** Ніколайчук О. М. Дослідження рівноваги сил, що діють на відкритий поплавок затвора гідроавтоматичного регулятора рівня АРУ-200Ц. *Вісник НУВГП. Технічні науки* : зб. наук. праць. Рівне, 2009. Вип. 3 (47). Ч. 1. С. 407–413.

REFERENCES:

1. Rokochynskyi A. M. Naukovi i praktychni aspekty optymizatsii vodorehuliuvannia osushuvanykh zemel na ekoloho-ekonomichnykh zasadakh : monohrafiia / za redaktsiieiu akademika UAAN Romashchenka M. I. Rivne : NUVHP, 2010. 351 s. **2.** Kraatz D. B., Mahajan I. K. Small hydraulic structures. Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations 1982. FAO irrigation and drainage paper, 26, Ed. 2. 407 p. **3.** Kovalenko P. I., Tyshenko O. I., Nahaliuk S. I. Modulnyi pryntsyp avtomatyzatsii osushuvalno-zvolozhuvalnykh system pry yikh rekonstruktsii. *Vodne hospodarstvo Ukrainy*. 2007. № 2. S. 44–48. **4.** Naumchuk O. M. Suchasnyi stan ta perspektyvy avtomatyzatsii vodorehuliuvannia osushuvanykh zemel. *Visnyk NUVHP. Tekhnichni nauky* : zb. nauk. prats. Rivne, 2010. Vyp. 2(50). S. 3–8. **5.** Ruban O. F. Hidravlichna avtomatyzatsiia melioratyvnykh system. *Zbirnyk naukovykh vynakhodiv*. K. : Heneza, 2008. 64 s. **6.** Chalyi B. I., Drobot O. V. Tekhnolohiia rehuliuvannia vodnoho rezhymu osushuvanykh zemel z vykorystanniam drenazhnoho stoku. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo*. 2011. Vyp. 99. S. 91–97. **7.** Hydraulic Modeling of an Automatic Upstream Water-Level Control Gate / X. Litrico, G. Belaud, J-P. Baume, J. Ribot-Bruno. *Journal of irrigation and drainage engineering*. 2005. March/April. P. 176–189. **8.** Rijo M., Arranja C. Supervision and Water Depth Automatic Control of an Irrigation Canal. *Journal of irrigation and drainage engineering*. 2010. January. P. 3–10. **9.** Khlapuk M. M., Niko-laichuk O. M., Bezusiak O. V. Doslidzhennia rivnovahy syl shcho diiut na popla-vok zatvora hidroavtomatychnoho rehuliatora rivnia ARU-200Ts. *Visnyk NUVHP. Tekhnichni nauky* : zb. nauk. prats. Rivne, 2008. Vyp. 2 (42). S. 202–210. **10.** Nikolaichuk O. M. Doslidzhennia rivnovahy syl, shcho diiut na vidkrytyi poplavok zatvora hidroavtomatychnoho rehuliatora rivnia ARU-200Ts. *Visnyk NUVHP. Tekhnichni nauk*y : zb. nauk. prats. Rivne, 2009. Vyp. 3 (47). Ch. 1. S. 407–413.

Рецензент: д.т.н., професор Ткачук М. М. (НУВГП)

Khlapuk M. M., Doctor of Engineering, Professor, Nikolaichuk O. M., Candidate of Engineering (Ph.D.) (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

MATHEMATICAL MODEL OF DETERMINATION OF MINIMAL WATER PIPES IN FLOAT-SHUTTER OF HYDRAULIC CONTROLLER OF LEVEL WITH UPGRADED HYDRAULIC COMMUNICATION

The research sample of the hydroautomatic level controller is researched. A mathematical model for determining the minimum depth of water in the float-shutter is obtained. The results of the experimental study of the minimum depth of water in the float-shutter are presented. The influence of the depth of immersion and the diameter of the inlet pipe on the minimum depth of water in the float-shutter is determined. The adequacy of the mathematical model is proved.
***Keywords*: float-shutter, flow, minimum depth, depth of immersion.**

Хлапук Н. Н., д.т.н, профессор, Николайчук О. Н., к.т.н. (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНИМАЛЬНОЙ ГЛУБИНЫ ВОДЫ В ПОПЛАВКЕ-ЗАТВОРЕ ГИДРОАВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА УРОВНЯ С УДЛИНЕННОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СВЯЗЬЮ

Исследовано опытный образец гидроавтоматического регулятора уровня. Получена математическая модель для определения минимальной глубины воды в поплавке-затворе. Приведены результаты экспериментального исследования минимальной глубины воды в поплавке-затворе. Определено влияние глубины погружения и диаметра входного патрубка на минимальную глубину воды в поплавке-затворе. Доказано адекватность математической модели.
***Ключевые слова*: поплавок-затвор, расход, минимальная глубина, глубина погружения.**