

УДК 626.83:532

**Ніколайчук О. М., к.т.н., доцент, Меддур А. С. Е., к.т.н.,
ст. викладач, Зінчук О. Ю., студент** (Національний університет
водного господарства та природокористування, м. Рівне)

МЕТОДИ РОЗРОБКИ ТА ДОСЛІДЖЕНЬ ГІДРОАВТОМАТИЧНИХ РЕГУЛЯТОРІВ РІВНЯ

**Розглянуто основні методи і методики розробки та досліджень гід-
роавтоматичних регуляторів рівня. Це дозволить спростити роботу
над експериментальними дослідженнями регуляторів та сприяти-
ме їх швидшому запровадженню у виробництво.**

***Ключові слова:* регулятор, метод, методика, математична модель.**

На даний час 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 децентралізовану систему управління технологічними процесами, застосовувати локальні системи автоматизації та розосереджені автоматизовані системи контролю технологічних параметрів.

Поєднання локальної системи автоматики на насосних станціях, що підлягають обов'язковій модернізації, з локальною роботою гідравлічних та електричних регуляторів на каналах, забезпечить надійну роботу меліоративних систем і дозволить оптимізувати споживання енергоресурсів.

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

Найновішими публікаціями, в яких розглядають автоматизацію меліоративних систем є статті Коваленка П.І. [1; 2], де він описує модульний принцип та перспективи автоматизації осушувально-зволожувальних систем під час їх реконструкції. Пастушенко В.Й. та

Наумчук О.М. в роботах [3; 4] виконали моделювання роботи гідрорегуляторів на проточній регулюючій мережі осушувально-зволожувальних систем та розглянули перспективи автоматизації водорегулювання осушуваних земель. Рубан О.Ф. в роботі [5] зібрав найновіші винаходи по гідравлічній автоматизації меліоративних систем.

В статті [6] Чалий Б.І., Яцик М.В., Дробот О.В. запропонували нові технологічні прийоми управління водним режимом на осушуваних землях та технічні засоби для їхньої реалізації. В роботі [7] 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.

Розроблено також нові конструкції гідроавтоматичних регуляторів такі як: гідроавтоматичний регулятор дренажного стоку, автори Шатний С.В., Матус С.К. [8]; гідравлічний регулятор дренажного стоку, автори Ткачук М.М., Кириша Р.О. [9]; Гідравлічний регулятор стоку дренажно-модульної системи, автори Ткачук М.М., Кириша Р.О., Кухнюк Н.В. [10].

Проте в роботі Рокочинського А.М. [11] 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 [5; 8; 9; 10], 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 лабораторії, так і на виробництві. А тому для кращого запровадження регуляторів необхідно мати методи їх розробки та досліджень.

Мета даної роботи полягає в тому, щоб розглянути основні методи розробки та досліджень гідроавтоматичних регуляторів рівня. Це дозволить спростити роботу над експериментальними дослідженнями регуляторів та сприятиме їх швидшому запровадженню у виробництво.

Для огляду основних методів розробки та досліджень гідроавтоматичних регуляторів проведено аналіз конструкцій вже запроваджених регуляторів, методів їх розрахунку та досліджень.

В основі рішення задач оперативного керування водорозподілом на осушувально-зволожувальних системах лежить управління процесами, що протікають в об’єктах керування або інакше – математична модель об’єкта. Тому існує необхідність у розробці матема-

тичних моделей руху води в системі з урахуванням перехідних процесів і добігання витрат води, що дозволяє керувати рівнем ґрунтових вод або стоком.

Математична модель дає можливість правильно вибрати тип регулятора, правильно налаштувати систему автоматичного керування та регулювання, керувати об'ємами води або її стоком [12]. Математична модель це система математичних співвідношень, які описують досліджуваний процес або явище. Така математична модель повинна включати основні гідравлічні параметри системи, дозволяти знайти їх покращені значення, описувати повний цикл руху води в модулі автоматизованої осушувально-зволожувальної системи, давати можливість аналізувати параметри що впливають на об'єм непродуктивного скиду води.

Розробку математичної моделі руху води як в осушувально-зволожувальній системі, так і в самому регуляторі потрібно виконати в першу чергу. Це обґрунтовано тим, що без наявності математичної моделі невідомо, які саме гідравлічні параметри гідроавтоматичного регулятора рівня необхідні для її реалізації. Наявність математичної моделі також виключить можливість дослідження параметрів, які не використовуватимуться в подальшому, що значно зменшить об'єми досліджень.

Математичну модель руху води розробляють методом аналізу фізичних процесів, що можуть проходити в об'єкті регулювання. Даний метод описано Бочкарьовим Я.В. в роботі [13]. Порядок рівнянь об'єктів залежить від складності процесів що протікають в них. Для меліоративних об'єктів, як правило, їх описують нелінійними диференціальними рівняннями, складність аналізу і вирішення яких веде до ряду припущень.

Характеристика потоку в спорудах осушувально-зволожувальних систем постійно змінюється, тому систему необхідно розглядати як динамічну, яка складається з характерних підсистем, ланок, модулів, в межах яких необхідно керувати об'ємами або витратами води. Таким чином, в якості математичної моделі для вирішення задач оперативного керування найбільш раціонально використати рівняння водного балансу системи в динаміці, тобто з урахуванням перехідних процесів і добігання витрат води, що дозволяє керувати об'ємами води або стоком.

Після того як математична модель вже розроблена, вона потребує наявності ряду невідомих параметрів, які необхідно знайти.

Для знаходження невідомих параметрів використовують комплексні дослідження, які включають такі методи: математичне моделювання, експериментальні дослідження як в лабораторії, так і на виробництві, статистичний аналіз та ін. Математичне моделювання

використовують для визначення і уточнення параметрів регулятора, які можна визначити аналітично. Експериментальні дослідження використовують для визначення гідравлічних параметрів регулятора, які неможливо визначити аналітично. Статистичний аналіз – для оцінки достовірності отриманих результатів досліджень.

Для проведення експериментальних досліджень гідроавтоматичних регуляторів рівня розробляють експериментальну установку.

Параметри математичних моделей меліоративних об'єктів досить часто не відомі, і для їх визначення проводять додаткові дослідження. При проектуванні систем автоматичного керування зі складними об'єктами використовують фізичне моделювання. В цьому випадку до фізичної моделі об'єкта підключають модель реального регулятора або реальний регулятор (при спотвореному моделюванні).

Для кінцевої наладки регулятора необхідно мати диференціальне або різницеве рівняння реального об'єкта, яке знаходять на основі фізичного моделювання. Під час моделювання використовують закони і критерії подібності гідравлічних процесів або явищ.

Аналітично розв'язати розроблені математичні модель досить складно, тому для розрахунку використовують чисельні методи.

При дослідженні сил, що діють на автоматичні регулятори використовують методи теоретичної механіки. Метод ґрунтується на принципі врівноваження проєкцій сил, що діють на рухомі частини регулятора, на осі координат. Рівняння руху регулятора має вигляд [13]:

$$F_D = F_C,$$

де F_D – сила що викликає рух авторегулятора або його елемента (сила виштовхування);

F_C – сила опру руху, рівна вазі рухомих частин регулятора.

Силами тертя та інерції без втрати точності можна нехтувати, оскільки їх значення дуже малі.

За наведеною методикою аналізують регулятори, що працюють на принципі врівноваження сил в проєкції на осі координат. Різниця полягає лише у вираженні сил, що входять в рівняння руху.

Отримані рівняння дають можливість теоретично дослідити процес роботи авторегулятора, встановити закон зміни регульованої величини і вплив окремих факторів системи на її дію, визначити область і характер стійкості системи і на цій основі область використання авторегулятора, показники якості регулювання, тобто обґрунтувати системи авторегулювання конкретного об'єкта [12; 13].

Під час розробки та дослідження гідроавтоматичних регуляторів рівня бажано дотримуватися таких рекомендацій:

- розробку математичної моделі руху води як в осушувально-

зволожувальній системі, так і в самому регуляторі потрібно виконати в першу чергу;

- математичну модель руху води розробляють методом аналізу фізичних процесів, що можуть проходити в об'єкті регулювання. В якості математичної моделі для вирішення задач оперативного керування найбільш раціонально використати рівняння водного балансу системи в динаміці;

- параметри регуляторів, які складно виразити аналітично, визначають за допомогою гідравлічного моделювання на гідравлічно-подібних моделях;

- під час дослідження сил, що діють на автоматичні регулятори використовують методи теоретичної механіки, принцип врівноваження проекцій сил;

- силами тертя та інерції без втрати точності можна нехтувати, оскільки їх значення дуже малі.

- під час розробки гідроавтоматичних регуляторів рівня необхідно враховувати експлуатаційну надійність.

В даній роботі описано найновіші публікації та патенти, в яких розглядають автоматизацію меліоративних систем, основні методи розробки та досліджень гідроавтоматичних регуляторів рівня. Використання отриманих в статті результатів дозволить прискорити і полегшити роботу під час розробки гідроавтоматичних регуляторів рівня, сприятиме їх швидшому запровадженню у виробництво.

1. Коваленко П. І. Модульний принцип автоматизації осушувально-зволожувальних систем при їх реконструкції / П. І. Коваленко, О. І. Тищенко, С. І. Нагалюк // Водне господарство України. – 2007. – № 2. – С. 44–48. **2.** Реалії та майбутнє автоматизації зрошувальних систем в Україні / П. Коваленко, Ю. Гринь, Ю. Михайлов та ін. // Водне господарство України. – 2006. – № 1. – С. 46–54. **3.** Наумчук О. М. Моделювання роботи гідрорегуляторів на проточній регулюючій мережі осушувально-зволожувальних систем / О. М. Наумчук // Вісник НУВГП. – Рівне, 2005. – Вип. 2(30). – С. 49–55. **4.** Наумчук О. М. Сучасний стан та перспективи автоматизації водорегулювання осушуваних земель // Національний університет водного господарства та природокористування. 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 / О. Ф. Рубан. – К. : Генеза, 2008. – 64 с. **6.** Чалий Б. І. Технічні засоби управління процесами водорегулювання на осушувально-зволожуваних системах / Б. І. Чалий, М. В. Яцик, О. В. Дробот // Меліорація і водне господарство. – 2009. – Вип. 97. – С. 84–94. **7.** Чалий Б. І. Технологія регулювання водного режиму осушуваних земель з використанням дренажного стоку / Б. І. Чалий, О. В. Дробот // Меліорація і водне господарство. – 2011. – Вип. 99. – С. 91–97. **8.** Пат. 76151 Україна, МПК E02B 11/00. Гідроавтоматичний регулятор дренажного стоку / Шатний С. В., Матус С. К.; власник Національний університет водного господарства та при-

родокористування. – № у 2012 07105. заявл.12.06.2012; опубл. 25.12.2012. Бюл. № 24. – 4 с. **9.** Пат. 59983 Україна, МПК E02B 11/00. Гідравлічний регулятор дренажного стоку / Ткачук М. М., Кириша Р. О.; власник Національний університет водного господарства та природокористування. – № у201013058. заявл.03.11.2010; опубл. 10.06.2011. Бюл. № 11. – 2 с. **10.** Пат. 46436 Україна, МПК E02B 11/00. Гідравлічний регулятор стоку дренажно-модульної системи / Ткачук М. М., Кириша Р. О., Кухнюк Н. В.; власник Національний університет водного господарства та природокористування. – № у200905782. заявл 05.06.2009.; опубл.25.12.2009. Бюл. № 24. – 2 с. **11.** Рокочинський А. М. Наукові і практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах : Монографія / за редакцією академіка УААН Ромащенко М. І. – Рівне : НУВГП, 2010. – 351 с. **12.** Баховец Б. А. Основы автоматизации и автоматизация производственных процессов в гидромелиорации / Б. А. Баховец, Я. В. Ткачук. – Львов : Выща шк., Изд-во при Львов. гос. ун-те, 1989. – 344 с. **13.** Бочкарев Я. В. Эксплуатационная гидрометрия и автоматизация оросительных систем / Я. В. Бочкарев. – М. : Агропромиздат, 1987. – 172 с.

Рецензент: д.т.н. професор Щодро О. Є. (НУВГП)

Nikolaichuk O. M., Candidate of Engineering, Associate Professor, Meddur A. S. E., Candidate of Engineering, Senior lecturer, Zinchuk O. Y., Senior Student (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

RESEARCH AND DEVELOPMENT METHODS OF AUTOMATIC HYDRAULIC LEVEL CONTROLLERS

The basic methods and techniques of research and development of the hydraulic automatic level controllers are shown. This will simplify of experimental research of regulators and speed up their production.

***Keywords:* regulator, method, technique, mathematical model.**

Николайчук О. Н., к.т.н., доцент, Меддур А. С. Е., к.т.н., старший преподаватель, Зинчук О. Ю., студент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ И ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОАВТОМАТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ УРОВНЯ

Рассмотрены основные методы и методики разработки и исследований гидроавтоматических регуляторов уровня. Это позволит упростить работу над экспериментальными исследованиями регуляторов и способствовать их быстрому внедрению в производство.

***Ключевые слова:* регулятор, метод, методика, математическая модель.**