

УДК 631.6

**Востріков В. П., к.т.н., доцент, Романюк І. В., к.т.н., доцент,
Пінчук О. Л., асистент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ГІДРАВЛІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕПЛОМЕЛІОРАТИВНИХ СИСТЕМ ПОВЕРХНЕВОГО ОБІГРІВУ ГРУНТУ ОБОЛОНКАМИ-РУКАВАМИ

Запропоновано конструкцію експериментальної установки та схеми для проведення гідравлічних досліджень роботи тепломеліоративних систем поверхневого обігріву ґрунту оболонками-рукавами. Ключові слова: тепломеліоративна система, поверхневий обігрів, гідравлічне дослідження, оболонки-рукави, методика.

Предложено конструкцию экспериментальной установки и схемы для проведения гидравлических исследований работы тепломелиоративных систем поверхностного обогрева грунта оболочками-рукавами.

Ключевые слова: тепломелиоративная система, поверхностный обогрев, гидравлическое исследование, оболочки-рукави, методика.

In this article we proposed research facility and scheme for conduction of hydraulic experiments. Work of thermomeliorational systems for ground surface heating by shell-sleeves was made as part of mentioned above experiments.

Keywords: thermomelioration system, surface heating, hydraulic research, shell-sleeves, method.

Обґрунтування і розроблення конструкцій, раціональних режимів роботи та методик інженерно-технічного розрахунку тепломеліоративних систем поверхневого обігріву ґрунту оболонками-рукавами потребує точних знань про гідравлічні характеристики їхньої роботи в цілому та окремих елементів.

Тепломеліоративні системи (ТМС) поверхневого обігріву ґрунту в якості теплового ресурсу використовують низькотемпературні скидні води промислових чи енергетичних підприємств. В таких системах тепла вода постійно рухається по елементах системи, основними з яких є теплообмінники у вигляді оболонок-рукавів із тонкостінних матеріалів (плівок, прогумованих тканих, пластику тощо). Ефективність роботи таких систем визначається, зокрема, гідравлічними особливостями руху води по окремих оболонках-рукавах, розподілом потоків води між рукавами у розподільчих і збираючих

колекторах, місцевими втратами напору і втратами напору по довжині рукавів, функціональним зв'язком між втратами напору і витратою води в рукавах та окремих блок-модулях системи.

Гнучкі полімерні трубопроводи та оболонки-рукави знайшли широке застосування у різних галузях народного господарства України. В меліорації гнучкі трубопроводи і оболонки-рукави використовуються для транспортування, розподілу та подачі води в системах поверхневого поливу і краплинного зрошення, в якості транзитних і розподільчих трубопроводів в дощувальних машинах тощо. У водопостачанні гнучкі рукави-водоводи використовують також для перекачування води і в системах протипожежного водопостачання.

Питанням дослідження та гідравлічного розрахунку гнучких трубопроводів присвячена значна кількість наукових праць закордонних та вітчизняних учених. Найвагоміший вклад у розвиток гідравлічних досліджень гнучких трубопроводів як елементів систем технічного водопостачання, внесли такі вчені, як О.О. Федорець [1], Є.В. Кузнецов [2], З.Р. Маланчук [3], Ю.І. Гринь, І.І. Науменко [4, 5, 6] та ін.

Дослідженню гідравлічних характеристик оболонок-рукавів із гнучких тонкостінних матеріалів, навпаки, присвячено недостатньо праць.

У роботі Є.В. Анісімова [7] на основі експериментальних досліджень розроблено методику гідравлічного розрахунку еластичних трубопроводів низького тиску з врахуванням набору додаткових факторів (формпараметр, коефіцієнт поверхні, зміна геометричних розмірів тощо).

В роботі І.В. Романюка [8] вперше досліджено гідравлічні характеристики широкіх оболонок-рукавів як теплообмінників для ТМС.

Гідравліка, як відомо, вивчає закони рівноваги та руху рідини та розробляє методи застосування цих законів до вирішення прикладних інженерних задач [6, 9, 10]. У гідравліці широко використовують як аналітичні, так і експериментальні методи вирішення наукових задач. Для отримання достовірних експериментальних даних важливим є правильна постановка і проведення лабораторного чи натурного експерименту.

Метою проведення гідравлічних досліджень ТМС є отримання даних про характер протікання динамічних процесів руху води в одиничній тонкостінній оболонці-рукаві та в одиничному блок-модулі (секції із декількох оболонок-рукавів, об'єднаних розподільчим і збірним колекторами), зокрема одержання витратно-напірних характеристик виду

$$Q = f(\Delta h) \quad . \quad (1)$$

Експериментальні гідравлічні дослідження роботи ТМС проводились нами постановкою спеціальних гідравлічних натурних дослідів, у яких за різних умов втікання та витікання рідини вивчалися особливості роботи одиничних рукавів-теплообмінників різних діаметрів та їхньої спільної роботи при

паралельному об'єднанні у секцію (блок-модуль).

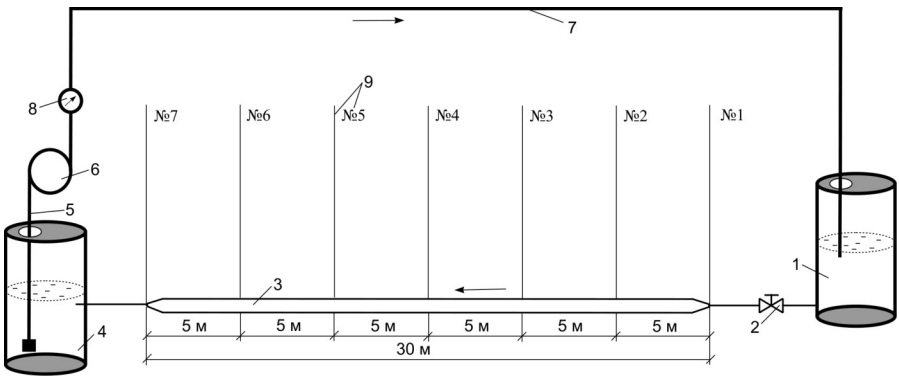


Рис. 1. Схема експериментальної установки для дослідження гідравлічних характеристик однієї оболонки-рукава:

- 1 – напірний резервуар; 2 – засівка; 3 – гнучкий тонкостінний рукав-оболонка; 4 – збірний резервуар; 5 – всмоктувальна лінія насоса; 6 – насосний агрегат; 7 – зворотний трубопровід; 8 – лічильник води; 9 – п'єзометр та його порядковий номер



Рис. 2. Схема експериментальної установки для дослідження гідравлічних характеристик однієї секції з 5 оболонками-рукавами:

- 1 – напірний резервуар; 2 – засівка; 3 – розподільчий колектор секції; 4 – гнучкий тонкостінний рукав-теплообмінник; 5 – збираючий колектор секції; 6 – збірний резервуар; 7 – всмоктувальна лінія насоса; 8 – насосний агрегат; 9 – лічильник води; 10 – зворотний трубопровід

Для проведення натурних гідравлічних досліджень однієї оболонки-рукава нами була розроблена та виготовлена спеціальна експериментальна установка, схема якої наведена на рис. 1. Установка складається з напірного і

та збірного резервуарів 4, засувки кулькового типу 2, гнучкого тонкостінного рукава-оболонки 3, всмоктувальної лінії 5, насосного агрегату 6, зворотного напірного трубопроводу 7, витратоміру 8 та п'єзометрів 9.

Оболонки - рукави були виготовлені у вигляді трубопроводів з поліетиленової плівки товщиною 200 мкм, довжиною 30 м та умовними діаметрами 50, 70, 85 і 100 мм.

Циркуляція теплої води здійснювалась за допомогою насосного агрегату CDXM/A 90/10. На напірній лінії 7 насосного агрегату для регулювання витрати води було встановлено додаткову регулюючу засувку кулькового типу та витратомір. Кількість води, яка циркулювала в системі обігріву, визначали за допомогою крильчастого лічильника води KB-1,5, відносна похибка вимірювань якого складає $\pm 2\%$.

В експериментальній установці, яка працювала у замкненому циклі, використовували водопровідну воду. Температуру води вимірювали ртутним термометром, розташованим у напірному резервуарі. Точність вимірювань температури складала $0,1^\circ\text{C}$.

Гнучкі оболонки-рукави розміщували на горизонтальному твердому (асфальтовому) покритті і підключали через пластмасові відрізки труб діаметром 50 мм до напірного та збірного резервуарів. Збірний резервуар для вільного витікання води із рукавів був заглиблений нижче горизонтальної поверхні на 0,5 м.

З метою вимірювання напорів води у визначених місцях установки до рукавів, напірного і збірного колекторів та у резервуарах встановлювали п'єзометри. У якості п'єзометрів використовували скляні прозорі трубки діаметром 8 мм, які приєднували прозорими пластиковими гнучкими трубками до мідних штуцерів в рукавах і з'єднувальних елементах. Штуцери для приєднання п'єзометрів в рукавах розташовували на рівні осі перерізу трубопроводу-рукава. Скляні трубки-п'єзометри були приєднані до встановлених вертикально шкал із лінійок з міліметровою поділкою. Лінійки мали можливість переміщуватись вертикально для встановлення їх на потрібній висоті.

На самому рукаві п'єзометри встановлювали на початку, в кінці та через кожні 5 метрів їхньої довжини. Перед проведенням вимірювань всі п'єзометри виставляли на умовний нуль в статичних умовах, коли система була заповнена водою, але вода не рухалась.

Експериментальна установка працювала наступним чином (рис. 1): вода із напірного резервуара 1 під напором 0,1..0,6 м через з'єднувальний патрубок і засувку 2 надходила до оболонки-рукава 3. Проходячи по рукаву, вода витрачала частину своєї енергії на подолання сил тертя, що відображалось у показах п'єзометрів. Після чого вода надходила до збірного резервуара 4. З резервуара 4 вода забиралась через всмоктувальну лінію 5 насосним агрегатом 6 та подавалась по зворотному напірному трубопроводу 7 до резервуара 1. Витрата води, що надходила із резервуара 4 в резервуар 1, регулюва-

лась засувкою на напірному трубопроводі біля насосного агрегату. Засувка 2 при цьому, з метою мінімізації втрат напору в системі подачі води в рукав, була повністю відкрита.

Крім досліджень окремих рукавів, проводилися гідравлічні натурні дослідження окремої секції ТМС, яка складалася з 5 оболонок-рукавів довжиною 20 м та діаметром 70 мм (рис. 2). Подача води в рукави та збір використаної води здійснювалась колекторами діаметром 100 мм, довжиною 1 м, виготовлених із пластмасових труб. Було досліджено 11 різноманітних схем підведення та відведення води до секцій систем поверхневого обігріву ґрунту (рис. 2, схема 1 та рис. 3, схеми 2-11), у тому числі з розподільвачем потоку води в середині колектора.

Як відомо, значний вплив на гідравлічні характеристики технічних систем спричиняють різноманітні фасонні частини та арматури, що відіграють роль місцевих опорів на шляху потоку. В досліді вивчався вплив фасонних частин (монтажних вставок, поворотів, колін, переходів тощо) на зміну втрат напору при роботі секцій систем поверхневого обігріву в умовах вільного та підтопленого витікання. Всі гідравлічні досліді проводили в трьохкратній повторності.

Одним із завдань гідравлічних досліджень було визначення рівномірності розподілу води по окремих оболонках-рукавах та швидкості проходження води по них. Рівномірність розподілу води по рукавах в секції та швидкість проходження води в рукавах досліджувалася шляхом введення 30% водного розчину перманганату калію в рукав на його вході чи у підвідний патрубков розподільчого колектора секції з подальшим вимірюванням швидкості проходження певних відрізків рукавів секундомірами.

Це дозволяє розрахувати за відомими формулами гідравліки витрату та швидкість проходження теплоносія в рукаві (секції):

$$Q = \frac{W}{t}, \quad (2)$$

$$V = \frac{Q}{\omega}, \quad (3)$$

де W – об'єм рідини, м³;

Q – витрата рідини, м³/с;

V – швидкість рідини, м/с;

ω – площа поперечного перерізу рукава-теплообмінника або секції, м²;

t – час, с.

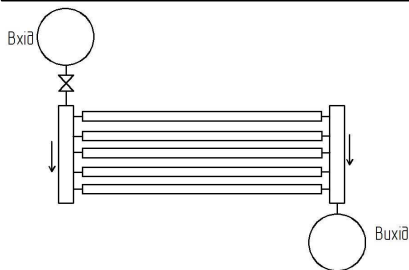


Схема 2

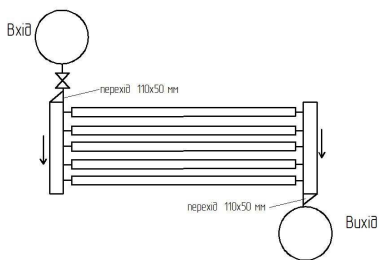


Схема 3

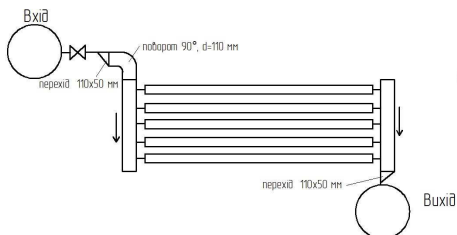


Схема 4

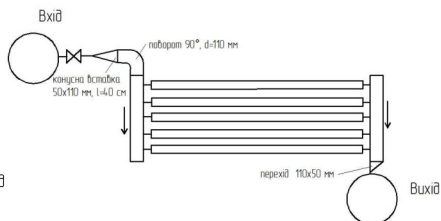


Схема 5

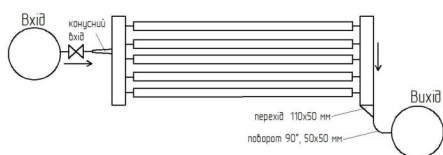


Схема 6

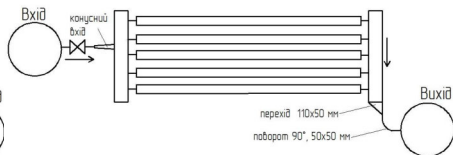


Схема 7

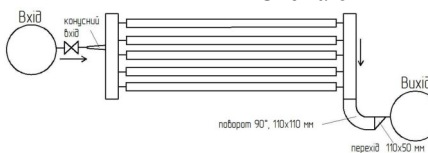


Схема 8

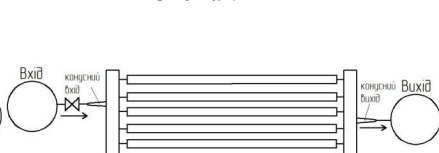


Схема 9

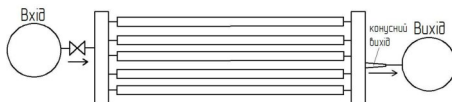


Схема 10

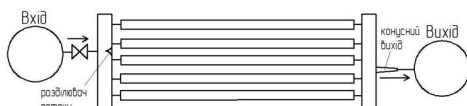


Схема 11

Рис. 3. Схеми гідравлічних досліджень роботи секцій ТМС

Втрати напору встановлювалися як різниця між показами п'єзометрів

$$\Delta h = H_i - H_{i+1}, \quad (4)$$

де H_i – напір в i -ому п'єзометрі; H_{i+1} – напір в $i+1$ -ому п'єзометрі.

Визначення ефективності роботи тепломеліоративних систем поверхневого обігріву ґрунту, обґрунтування раціональних їхніх конструкцій та режимів роботи, розроблення інженерних методик для їхнього розрахунку потребує визначення основних гідравлічних характеристик роботи оболонко-рукавів та блок-модулів із декількох рукавів.

В НУВГП на кафедрі експлуатації ГМС розроблено та створено спеціальну експериментальну установку для проведення натурних гідравлічних досліджень елементів ТГМС.

Установка використана для комплексних гідравлічних досліджень та отримання вперше комплексу гідравлічних витратно-напірних характеристик оболонко-рукавів із поліетиленової плівки та їх секцій із п'яти рукавів, які працюють у низьконапірному та самопливному режимі прокачування води.

1. Федорец А. А. Особенности расчета трубопроводов мелиоративных систем / А. А. Федорец // Вісник УДУВГП: збірник наукових праць. – Рівне, 2002. – Вип. 5(18). – С. 163-170.
2. Кузнецов Е. В. Основы капельного орошения / Е. В. Кузнецов, А. И. Голованов. – Краснодар: КГАУ, 1996. – 96 с.
3. Маланчук З. Р. Экспериментальные зависимости гидравлического расчета поливных трубопроводов / З. Р. Маланчук // Новое в технике и технологии полива: сб. науч. трудов ВНПО «Радуга». – 1979. – Вып. 12. – С. 184-189.
4. Гринь Ю. І. Аналіз гідравлічних параметрів трубопроводів шлангобарабанных дошувальних машин / Ю. І. Гринь, О. І. Пашкевич // Водне господарство України. – 2003. – №2-4. – С. 61-64.
5. Науменко І. І. Дослідження гідравлічних опорів у поліетиленових плавнозигнутих водопроводах / І. І. Науменко, О. І. Пашкевич // Вісник УДУВГП: збірник наукових праць. – Рівне, 2002. – Вип. 5(18). – С. 121-129.
6. Науменко І. І. Технічна механіка рідини і газу : підручник / І. І. Науменко. – Рівне, 2009. – 376 с.
7. Анисимов Е. В. Гидравлическое сопротивление эластичных труб применяемых в орошении : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук : спец. 05.14.09 «Гидравлика и инженерная гидрология» / Е. В. Анисимов. – Москва, 1986. – 18 с.
8. Романюк І. В. Теплова меліорація ґрунту скидною теплою водою за допомогою гідротехнічної системи з теплообмінниками-рукавами (в умовах Західного Полісся України): канд. ...техн. наук : 06.01.02 / Іван Васильович Романюк. – Рівне, 2007. – 249 с.
9. Яковлева Л. В. Практикум по гидравлике / Л. В. Яковлева. – М. : Агропромиздат, 1990. – 144 с.
10. Степанов П. М. Справочник по гидравлике для мелиораторов / П. М. Степанов, И. Х. Овчаренко, Ю. А. Скобельцин. – М. : Колос, 1984. – 207 с.

Рецензент: д.т.н., професор Гурін В. А. (НУВГП)