

**Герасімов Є. Г., д.т.н., професор, Пінчук О. Л., к.т.н., доцент, Романюк І. В., к.т.н., доцент, Куницький С. О., к.т.н., старший дослідник, Шатний С. В., к.т.н., доцент, Іванчук Н. В., к.т.н., доцент**  
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

## **ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ПОВЕРХНЕВОГО ОБІГРІВУ ҐРУНТУ**

Проведено гідравлічний розрахунок та встановлені основні параметри водопровідної мережі для гідротехнічної системи з оболонками-рукавами для площі 1 га, обґрунтовані конструктивні розміри складових елементів (секцій, модулів) тощо. Зокрема, рекомендовано систему поверхневого обігріву на площі 1 га створювати за модульним принципом, розміри блок-секції приймати – 1,0х23 м, блок-модуля – 23,0х23,0 м, кількість блок-модулів – 16, блок-секцій – 160. При цьому максимальна потреба системи у теплій воді складатиме 240 л/с, а необхідний максимальний напір у голові магістрального трубопроводу складатиме до 1,5 м. Подачу води в мережу доцільно здійснювати з невеликого регулюючого басейну. Економічно вигідні діаметри розподільчої та збираючої мережі складають 110–140 мм, підвідної та відвідної – 160–180 мм, магістрального трубопроводу – 280–450 мм, скидного трубопроводу – 225–355 мм.

**Ключові слова:** гідравлічний розрахунок; конструкція; параметри; гідротехнічна система; поверхневий обігрів.

**Перспективним напрямом використання скидного тепла** промислових та енергетичних об'єктів, як засвідчили розробки вчених різних країн є використання в сільському господарстві, а саме для потреб рослинництва і тваринництва [1; 2; 3; 4]. Технології використання низькопотенціального тепла промислових та енергетичних об'єктів конструктивно реалізуються у вигляді спеціальних гідротехнічних систем обігріву ґрунту, а в якості обігрівачів в системах використовуються різноманітні пристрої (лотки, труби, шланги, тонкостінні оболонки тощо) [5].

Технологія теплової меліорації ґрунтів поверхневим обігрівом гнучкими оболонками-рукавами з використанням скидних теплих вод виявила свою достатньо високу тепломеліоративну та

економічну ефективність [6; 7; 8], що стимулює подальший науковий пошук, а також детальну розробку гідротехнічних систем поверхневого обігріву ґрунту (ГС ПОГ) оболонками-рукавами.

**Тому питання розробки, обґрунтування та дослідження технології** і технічних засобів поверхневого обігріву ґрунту скидною теплою водою з використанням гнучких тонкостінних оболонок-рукавів, як одного із найбільш перспективних напрямів у складі ЕБК, залишається актуальним і на сьогодні.

**Разом з тим, невирішеними залишаються чимало питань**, зокрема питання обґрунтування раціональних конструкцій та параметрів гідротехнічних систем.

**Проведемо гідравлічний розрахунок** та підбір параметрів трубопроводної мережі ГС ПОГ виходячи із наступних умов:

- площа – 1 га;
- кількість секцій у блок-модулі – 10 (рис. 1);
- максимальна витрата секції – 1,5 л/с (за даними гідравлічних досліджень);
- схема компонування секції – з розподільвачем потоку у розподільчому колекторі блок-секції.

Гідравлічний розрахунок ГС ПОГ полягає у підборі діаметрів трубопроводів відповідно до розрахункових витрат води, визначенні шляхових та місцевих втрат напору для встановлення необхідного розрахункового напору в голові системи і на ділянках системи поверхневого обігріву.

Витрата однієї блок-секції прийнята до 1,5 л/с, що визначено натурним експериментом. Секція довжиною 6,5 м мала витрату 0,26 л/с, тоді секція довжиною 20 м буде мати витрату:

$$\frac{20 \text{ м}}{6,5 \text{ м}} \cdot 0,26 \text{ л/с} = 0,8 \text{ л/с.} \quad (1)$$

Максимальна витрата прийнята 1,5 л/с для більш рівномірного обігріву ділянки ґрунту блок-секції та можливості збільшення її довжини до 30 м.

Максимальна витрата одного блок-модуля з 10 блок-секцій в складатиме:

$$Q_{\text{мод}} = N \cdot q_{\text{сек}} = 10 \cdot 1,5 = 15 \text{ л/с,} \quad (2)$$

де  $N$  – кількість блок-секцій в одному блок-модулі;

$q_{\text{сек}}$  – витрата однієї блок-секції, л/с.

Загальна максимальна витрата теплої води для обігріву ґрунту на площі 1 га буде дорівнювати:

$$Q_1 = Q_{\text{мод}} \cdot n_1 = 16 \cdot 15 = 240 \text{ л/с,} \quad (3)$$

$n_1$  – кількість блок-модулів на системі площею 1 га (кількість блок-модулів прийнято за схемою ГС ПОГ на рис. 1).

Розрахунок витрат теплої води на систему поверхневого обігріву ґрунту зводимо в табл. 1.

Таблиця 1

Розрахунок максимальної витрати води на систему поверхневого обігріву ґрунту, л/с

На блок-секцію з 5 рукавів-оболонок	На один блок-модуль з 10 секцій	На два блок-модулі	На 1 га
1,5	15	30	240

На основі розрахункових витрат і оптимальних швидкостей руху води в трубопроводах за таблицями, складеними Ф.О. Шевельовим, підібрано економічно найвигідніші діаметри труб системи обігріву. Для розрахунку водопровідної мережі вибираємо пластмасові труби марки ПЭ100 згідно ГОСТ 18599-2001 (Росія), що знайшли широке застосування в різних галузях економіки, зокрема позитивно себе зарекомендували в системах водопостачання та каналізації. Істотною перевагою пластмасових труб є їхня висока корозійна стійкість, що фактично не змінюється в процесі тривалої експлуатації.

В розрахунках втрати напору на одиницю довжини для ПЭ100 визначалися за формулою:

$$i = \lambda \frac{v^2}{2gd_p} , \quad (4)$$

де  $l$  – довжина ділянки трубопроводу, м;  $d_p$  – розрахунковий внутрішній діаметр труб, м;  $V$  – швидкість руху води в трубі, м/с;  $\lambda$  – коефіцієнт гідравлічного опору.

Коефіцієнт гідравлічного опору  $\lambda$  для указанного типу труб знаходили за залежністю:

$$\lambda = \frac{0,25}{Re^{0,226}} . \quad (5)$$

Втрати напору в блок-секції ГС ПОГ із 5 рукавів-оболонок довжиною 20 м при додатковому облаштуванні вхідного патрубку секції розподільвачем потоку з врахуванням даних отриманих в розділі 3 та при роботі в режимі підтопленого витікання складатимуть 0,07 м.

Розрахунковий напір на початку трубопроводу визначений за формулою:

$$H = H_r + \sum h_l + \sum h_w + H_{BH} , \quad (6)$$

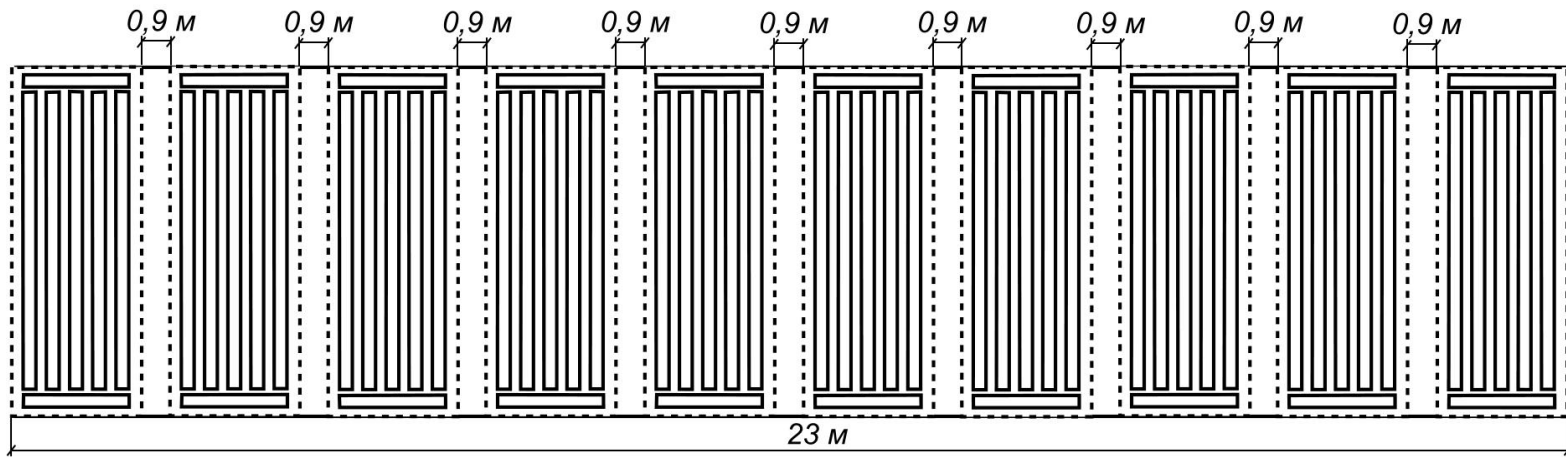
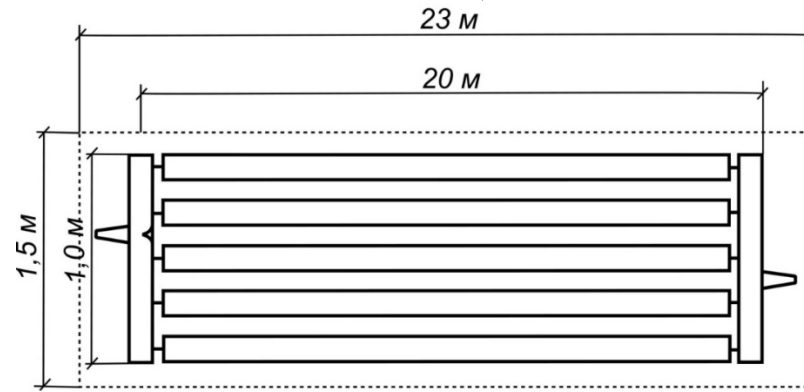


Рис. 1. Конструктивні розміри блок-секції та блок-модулів ГС ПОГ та схема організації їхньої земельної ділянки

де  $H_r$  – геодезична різниця у відмітках на початку і в кінці розрахункової ділянки трубопроводу, м;  $\sum h_l$  – втрати напору на розрахунковій ділянці по довжині трубопроводу, м;  $\sum h_w$  – втрати напору на подолання місцевих опорів по довжині трубопроводу, м; (місцеві втрати напору в трубопроводах складають 5–10% від шляхових, тобто  $\sum h_w = (0,05 \dots 0,1) \sum h_l$ );  $H_{вн}$  – необхідний вільний напір в розрахунковій точці трубопроводу, м.

Розрахунковий напір для ГС ПОГ визначали по трасі трубопроводів, які підводять воду до найбільш віддаленої точки, та яка має найбільшу відмітку поверхні землі. В розрахунках приймали, що ділянка землі, на якій влаштовується система обігріву, рівнинна і немає ухилу. Втрати напорів визначали окремо для кожної ділянки розрахункової траси трубопроводу з різними витратами і діаметрами. Загальні втрати напору по розрахунковій трасі трубопроводу знаходили сумуванням втрат на окремих її ділянках.

За розрахунком втрати напору в розподільчому трубопроводі складають 0,18 м, в підвідному – 0,2 м, в магістральному – 0,57 м. З врахуванням втрат напору в блок-секції та 10% на місцеві втрати напору розрахунковий напір в голові магістрального трубопроводу складатиме 1,1 м. Розрахункові схеми розподільчого, підвідного та магістрального трубопроводів наведені на рис. 2, а результати гідравлічного розрахунку наведені в табл. 2.

**Результатами розрахунків підтверджено робочу гіпотезу** про те, що розроблена нами ГС ПОГ є низьконапірною, самопливною системою. Для роботи системи на площі 1 га потрібні початкові напори в межах 1,0–1,1 м для витрати 1,5 л/с на одну блок-секцію. При зменшенні даної витрати до номінального, робочого значення (0,8–1,0 л/с), початковий напір в голові магістрального трубопроводу складе 0,5–0,6 м. Це дозволяє початковий напір створювати горизонтом води в каналі, лотку чи регулюючому невеликому басейні, у який теплу воду доцільно закачувати пересувним циркуляційним насосом. За певних умов можна використовувати остаточний напір скидних теплих вод систем технічного водопостачання підприємства.

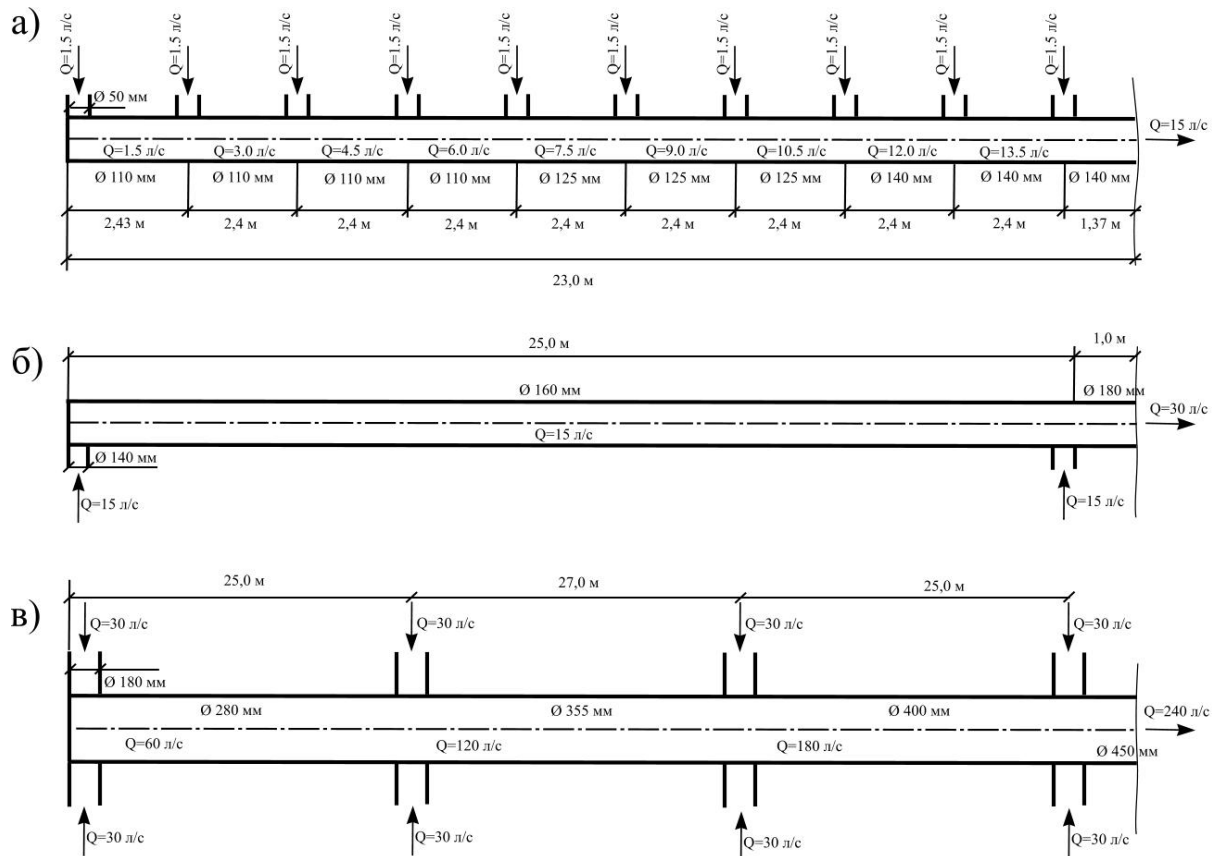


Рис. 2. Схеми до гідралічного розрахунку розподільчого (а), підвідного (б) та магістрального (в) трубопроводів

Таблиця 2

Технічна характеристика ГС ПОГ

№ з/п	Назва показника	Одиниці виміру	Кількість
1.	Площа	га	1
2.	Магістральний трубопровід:	м	<b>87,0</b>
	Ø 280 мм		25,0
	Ø 355 мм		27,0
	Ø 400 мм		25,0
3.	Ø 450 мм		10,0
	Підвідна та відвідна мережа:	м	<b>440,0</b>
	Ø 160 мм		400,0
Ø 180 мм	40,0		
4.	Розподільча та збираюча мережа:	м	<b>739,0</b>
	Ø 110 мм		310,0
	Ø 125 мм		231,0
5.	Ø 140 мм		198,0
	Скидна мережа:	м	<b>154,0</b>
	Ø 225 мм		50,0
Ø 280 мм	54,0		
6.	Ø 355 мм		50,0
	Кількість засувок	шт	50
7.	Напір у голові магістрального трубопроводу	м	1,1
8.	Насосна станція (тип, максимальна продуктивність)	м <sup>3</sup> /с	пересувна 0,3
9.	Параметри регулюючого басейну:	м	15,0
	- довжина		15,0
	- ширина		1,5
	- висота		
10.	Максимальна витрата	м <sup>3</sup> /с	0,24

1. Бурденкова Е. Ю. Оптимизация параметров и схем теплоснабжения теплично-овощных комбинатов с использованием сбросной и низкопотенциальной теплоты КЭС : дис. ... канд. техн. наук : 05.14.01 / Саратовский государственный технический университет. Саратов, 2001. 146 с. 2. Ольховик О. І., Востріков В. П., Пінчук О. Л. Використання низькопотенційного тепла докільля тепловими насосами для потреб сільського господарства. *Вісник НУВГП. Сер. Технічні науки*. 2007. Вип. 1(37). С. 54–61. 3. Aliev N. D., Ramasanova Z. E. An improvement of heating scheme for using of low potential heat of HPS. *Power Engineering*. 2003. № 1. P. 56–60. 4. Setiadipura T., Dipu A., Zamengo M., Bovis T., Hoksuwan D. Energy saving in nuclear power plant. *Sustainable engineering technology course*. 2010. 8 p. 5. Пінчук О. Л. Аналіз конструкцій тепломеліоративних систем. *Вісник НУВГП. Сер. Технічні науки*. 2011. Вип. 1(53). С. 85–94. 6. Востріков В. П., Пінчук О. Л. Тепломеліоративні системи для обігріву ґрунту з використанням низькотемпературних теплових відходів. *Водне господарство України*. 2009. № 6. С. 36. 7. Пінчук О. Л. Обґрунтування конструкції та параметрів гідротехнічної системи поверхневого обігріву ґрунту оболонками-рукавами при використанні скидних теплих вод : дис. ...

канд. техн. наук : 06.01.02 / Нац. унів. водн. госп. та природокор. Рівне, 2012. 255 с. **8.** Романюк І. В. Теплова меліорація ґрунту скидною теплою водою за допомогою гідротехнічної системи з теплообмінниками-рукавами (в умовах Західного Полісся України) : дис. ... канд. техн. наук : 06.01.02 / Нац. унів. водн. госп. та природокор. Рівне, 2007. 249 с.

## REFERENCES:

1. Burdenkova E. Yu. Optymyzatsyia parametrov y skhem teplosnabzhenyia teplychno-ovoshchnykh kombynatov s yspolzovanyem sbrosnoi y nyzkopotentsyalnoi teploty KES : dys. ... канд. tekhn. nauk : 05.14.01 / Saratovskiyi hosudarstvennyii tekhnicheskyyi unyversytet. Saratov, 2001. 146 s.
2. Olkhovyk O. I., Vostrikov V. P., Pinchuk O. L. Vykorystannia nyzkopotentsiinoho tepla dovkillia teplovymy nasosamy dlia potreb silskoho hospodarstva. *Visnyk NUVHP. Ser. Tekhnichni nauky.* 2007. Vyp. 1(37). S. 54–61.
3. Aliev N. D., Ramasanova Z. E. An improvement of heating scheme for using of low potential heat of HPS. *Power Engineering.* 2003. № 1. P. 56–60.
4. Setiadipura T., Dipu A., Zamengo M., Bovis T., Hokusuan D. Energy saving in nuclear power plant. *Sustainable engineering technology course.* 2010. 8 p.
5. Pinchuk O. L. Analiz konstruktсии teplomelioryatyvnykh system. *Visnyk NUVHP. Ser. Tekhnichni nauky.* 2011. Vyp. 1(53). S. 85–94.
6. Vostrikov V. P., Pinchuk O. L. Teplomelioryatvni systemy dlia obihrivu hruntu z vykorystanniam nyzkotemperaturnykh teplovykh vidkhodiv. *Vodne hospodarstvo Ukrainy.* 2009. № 6. S. 36.
7. Pinchuk O. L. Obgruntuvannia konstruktсии ta parametriv hidrotekhnichnoi systemy poverkhnevoho obihrivu ґрунту obolonkamy-rukavamy pry vykorystanni skydnykh teplykh vod : dys. ... канд. tekhn. nauk : 06.01.02 / Nats. univ. vodn. hosp. ta pryrodokor. Rivne, 2012. 255 s.
8. Romaniuk I. V. Teplova melioratsiia hruntu skydnoiu teploiu vodoiu za dopomohoiu hidrotekhnichnoi systemy z teploobminnykamy-rukavamy (v umovakh Zakhidnoho Polissia Ukrainy) : dys. ... канд. tekhn. nauk : 06.01.02 / Nats. univ. vodn. hosp. ta pryrodokor. Rivne, 2007. 249 s.

---

**Gerasimov I. G., Doctor of Engineering, Professor, Pinchuk O. L., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Romaniuk I. V., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Kunytskyi S. O., Candidate of Engineering (Ph.D.), Senior Researcher, Shatnyi S. V., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Ivanchuk N. V., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)**

## **ANALYSIS OF HEAT CONSUMPTION AND GENERAL ENERGY EFFICIENCY OF THE HYDROTECHNICAL SYSTEM OF SURFACE HEATING OF THE SOIL**

**The perspective direction for the use of waste heat from**



**industrial and energy facilities is the use in agriculture, namely for the needs of crop and animal husbandry. Technologies for using low-potential heat of industrial and energy facilities are constructively implemented in the form of special hydrotechnical systems for heating the soil, and various devices (trays, pipes, hoses, thin-walled shells, etc.) are used as heaters in the systems. The hydraulic calculation was carried out and the main parameters of the water supply network for the hydrotechnical system with casings-sleeves for an area of 1 ha were established, the structural dimensions of the constituent elements (sections, modules), etc. were substantiated. In particular, it is recommended to create a surface heating system on an area of 1 hectare according to the modular principle, the dimensions of the block section should be 1.0x23 m, the block module – 23.0x23.0 m, the number of block modules – 16, block sections – 160. For the operation of the system on an area of 1 hectare, initial pressures in the range of 1.0–1.1 m are required for a consumption of 1.5 l/s per block section. When this flow is reduced to the nominal, working value (0.8–1.0 l/s), the initial pressure at the head of the main pipeline will be 0.5–0.6 m. This allows the initial pressure to be created by the water horizon in the channel, tray or a regulating small pool, into which it is advisable to pump warm water with a mobile circulation pump. Under certain conditions, it is possible to use the final pressure of discharged hot water from the enterprise's technical water supply system. At the same time, the system's maximum need for hot water will be 240 l/s, and the required maximum pressure at the head of the main pipeline will be up to 1.5 m. It is advisable to supply water to the network from a small regulating basin. Economically beneficial diameters of the distribution and collecting network are 110–140 mm, supply and outlet – 160–180 mm, main pipeline – 280–450 mm, discharge pipeline – 225–355 mm.**

***Keywords:* hydraulic calculation; design; parameters; hydrotechnical system; surface heating.**