

*Б.Х. Драганов  
О.С. Бессараб  
А.В. Міщенко  
В.В. Шутюк*

**Т**роєкування  
СИСТЕМ  
**ТЕПЛО-**  
**ПОСТАЧАННЯ**  
СІЛЬСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА

**Б.Х. Драганов, О.С. Бессараб,  
А.В. Міщенко, В.В. Шутюк**

**Пр**  
**РОЕКТУВАННЯ**  
**СИСТЕМ**  
**ТЕПЛО-**  
**ПОСТАЧАННЯ**  
**сільського**  
**господарства**

За редакцією  
професора *Б.Х. Драганова*

**ДОПУЩЕНО**  
Міністерством  
аграрної політики  
України  
як навчальний посібник  
для підготовки фахівців в аграрних  
вищих навчальних закладах  
3–4-го рівнів акредитації

**Київ**  
**“Техніка”**  
**2003**

УДК 631.371(075.8)  
ББК 31.38я73  
П79

*Гриф надано Міністерством аграрної політики України (лист від 16.07.03 р. № 18-2-1-13/712)*

**Р е ц е н з е н т и:** завідувач кафедри енергоресурсозбереження Київського національного університету будівництва і архітектури професор *Г.Г. Шишко*; заступник директора з наукової роботи Інституту технічної теплофізики НАН України доктор технічних наук *Б.І. Басок*.

**Проектування систем теплопостачання сільського господарства:** Навч. посіб. / Б.Х. Драганов, О.С. Бессараб, А.В. Міщенко, В.В. Шутюк; За ред. Б.Х. Драганова. — К.: Техніка, 2003. — 161 с.: іл.  
ISBN 966-575-086-0

Викладено основи проектування систем теплопостачання сільського господарства з використанням традиційних джерел енергії, пасивних систем сонячного опалення приміщень, активних систем сонячного теплопостачання, систем геотермального теплопостачання, вітроенергетичних і біогазових установок, систем з комбінованим використанням поновлюваних джерел енергії і систем газопостачання сільського господарства. Наведено відповідні довідкові дані.

Для підготовки фахівців в аграрних вищих навчальних закладах 3–4-го рівнів акредитації.

**ББК 31.38я73**

© Б.Х. Драганов, О.С. Бессараб,  
А.В. Міщенко, В.В. Шутюк, 2003

ISBN 966-575-086-0

## ПЕРЕДМОВА

Енергетичне господарство є життєво важливою частиною сучасного виробництва, а також одним із основних елементів системи енергопостачання всіх галузей виробництва і побутового сектору, зокрема сільського господарства.

Система теплопостачання сільського господарства має характерні особливості: їй притаманні відокремленість та різноманітність споживачів теплоти, нерівномірний характер теплових навантажень. Тому в одних сферах сільськогосподарського виробництва та побуту передбачається децентралізоване, а в інших — централізоване теплопостачання.

Ефективне вирішення проблеми енергозбереження в сільському господарстві можливе лише за умови врахування усіх особливостей теплопостачання, а також сучасних досягнень у галузі енергозбережливих систем енергопостачання. Проблема енергозбереження стає пріоритетним напрямом державної політики. Одним із ефективних шляхів економії в сільському господарстві дефіцитного органічного палива є використання поновлюваних і вторинних енергетичних ресурсів.

Варто зазначити, що енергозбереження тісно переплітається з енергетикою, економікою, екологією. Можна з упевненістю прогнозувати збільшення попиту на установки та пристрої, що використовують нетрадиційні джерела енергії. Україна має величезні ресурси поновлюваних джерел енергії. Тому їх використання є однією з найактуальніших проблем. Зокрема, для фермерських господарств енергетичні установки на базі нетрадиційних джерел — це не тільки шлях до економії вуглеводневого палива, електроенергії, а й можливість розвиватися в районах, віддалених від джерел централізованого енергопостачання. Поновлювані джерела енергії екологічно чисті, сприяють зменшенню забруднення навколишнього середовища.

У вирішенні питань теплопостачання велику роль відіграє газифікація сільської місцевості.

Важливим елементом у підготовці висококваліфікованих інженерних кадрів є курсове і дипломне проектування, які, будучи складовими навчального процесу, сприяють закріпленню студентами

## ЗМІСТ

Передмова .....	3
<b>1. Енергетичні ресурси України .....</b>	<b>5</b>
1.1. Джерела енергії .....	5
1.2. Ресурси поновлюваних джерел енергії в Україні .....	6
<b>2. Проектування систем теплопостачання від традиційних джерел енергії .....</b>	<b>13</b>
2.1. Вихідні дані, обсяг проектування і правила виконання робочих креслень .....	13
2.2. Вибір системи теплопостачання .....	14
2.3. Теплові навантаження системи опалення .....	16
2.4. Теплові навантаження системи гарячого водопостачання .....	21
2.5. Вибір джерела теплопостачання .....	23
2.6. Регулювання теплових навантажень .....	24
2.7. Розрахунок витрат теплоносія .....	28
2.8. Гідравлічний розрахунок теплових мереж .....	29
2.9. Тепловий розрахунок мереж .....	30
<b>3. Проектування систем пасивного сонячного опалення будівель .....</b>	<b>36</b>
3.1. Вихідні дані та обсяг проектування .....	36
3.2. Визначення розрахункових параметрів .....	37
3.3. Визначення кількості теплоти сонячної радіації, що поглинається системою пасивного сонячного опалення .....	37
3.4. Визначення коефіцієнта ефективності передачі теплоти сонячної радіації ....	40
3.5. Визначення коефіцієнта заміщення теплоти опалення приміщень із системою пасивного сонячного опалення теплою сонячної радіації .....	42
3.6. Аналіз техніко-економічної ефективності системи пасивного сонячного опалення .....	44
<b>4. Проектування активних систем сонячного теплопостачання .....</b>	<b>47</b>
4.1. Загальні відомості .....	47
4.2. Розрахунок сонячної системи гарячого водопостачання .....	49
4.3. Обладнання установок сонячного гарячого водопостачання .....	52
<b>5. Проектування систем геотермального теплохолодопостачання .....</b>	<b>56</b>
5.1. Загальні положення .....	56
5.2. Вибір розрахункових параметрів .....	56
5.3. Визначення коефіцієнта ефективності геотермальних систем теплопостачання .....	57
5.4. Вибір опалювальних приладів .....	60
<b>6. Проектування вітроенергетичних установок .....</b>	<b>63</b>
6.1. Вихідні дані, обсяг проектування .....	63
6.2. Загальні відомості .....	63
6.3. Вибір місця розташування і розрахункових параметрів установки .....	64
6.4. Розрахунок вітродвижунних установок .....	65

<b>7. Проектування акумуляторів теплоти</b> .....	<b>69</b>
7.1. Загальні відомості .....	69
7.2. Вихідні дані. Розрахунок основних показників теплоакумулювального матеріалу .....	71
<b>8. Проектування біогазових установок</b> .....	<b>74</b>
8.1. Загальні відомості .....	74
8.2. Методика розрахунку біогазових установок .....	77
<b>9. Комплексне використання поновлюваних джерел енергії</b> .....	<b>83</b>
9.1. Схеми комплексного використання поновлюваних джерел енергії .....	83
9.2. Оптимізація енергозберіжних систем .....	89
9.2.1. Загальні відомості .....	89
9.2.2. Основи оптимізації енергозберіжних систем .....	90
9.2.3. Приклади аналізу та оптимізації енергозберіжних систем, що комплексно використовують поновлювані джерела енергії .....	94
<b>10. Проектування систем газопостачання сільського господарства</b> .....	<b>97</b>
10.1. Загальні відомості .....	97
10.2. Вихідні дані, обсяг проектування і правила виконання креслень .....	98
10.3. Визначення об'єму споживання газу .....	98
10.4. Методи гідравлічного розрахунку газопроводів .....	111
Додатки .....	116
Список рекомендованої літератури .....	159

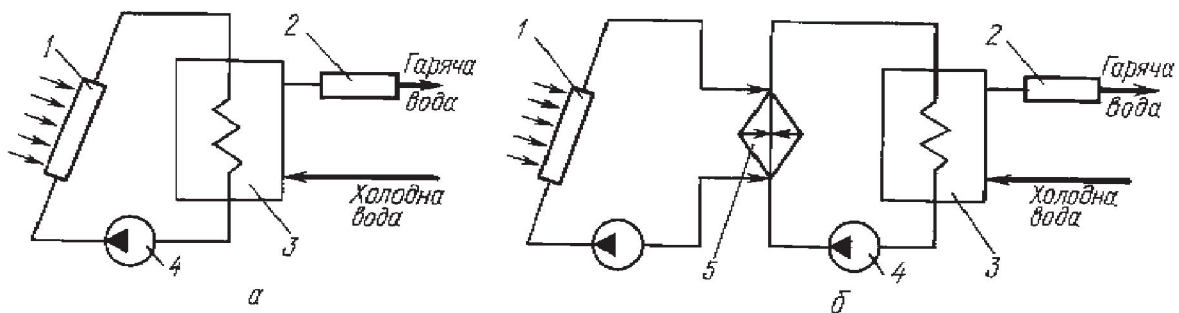
## ПРОЕКТУВАННЯ АКТИВНИХ СИСТЕМ СОНЯЧНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

### 4.1. Загальні відомості

Завдання на проект містить характеристику виробничих споживачів теплоти, кількість комунально-побутових споживачів теплоти і характеристику палива. У завданні на проект рекомендується передбачити кілька різнотипних споживачів теплоти.

У графічній частині проекту слід зобразити схему геліотеплопостачання (приклади таких схем наведені в праці [9]), а також креслення установки геліоколектора на будівлі або поряд з нею.

Установки сонячного теплопостачання можуть бути одно-, дво- та триконтурними. Одноконтурні установки з природною циркуляцією теплоносія застосовують при площі сонячних колекторів до 10 м<sup>2</sup>. Принципові схеми геліоустановок, які рекомендується застосовувати при виконанні курсового проекту, зображені на *рис. 4.1*. Триконтурна схема на відміну від двоконтурної містить, крім бака-акумулятора, проміжний теплоносіє. Теплоносієм може бути деаерована вода, що задовольняє нормам ГОСТ 2874–82 «Вода питъевая. Технические требования и контроль за качеством». У сонячних установках з теплоносієм водою використовують насоси, які застосовують у традиційних системах гарячого водопостачання та опалення приміщень.



*Рис. 4.1.* Схеми установок сонячних систем гарячого водопостачання:

*a* — двоконтурна; *б* — триконтурна; 1 — сонячний колектор; 2 — дублююче джерело теплоти; 3 — теплообмінник-акумулятор; 4 — насос; 5 — теплообмінник першого контуру

Теплота з одного контуру установки в другий передається за допомогою швидкісних теплообмінників і баків-акумуляторів. Як теплоприймачі установок сонячного гарячого водопостачання та опалення рекомендується застосовувати плоскі рідинні сонячні колектори (водонагрівники) з одинарним або подвійним склінням.

Основні характеристики сонячних водонагрівників наведені в табл. 4.1.

**Таблиця 4.1. Технічні характеристики сонячних водонагрівачів**

Технічні умови	Габаритні розміри, мм	Площа, м <sup>2</sup>	Маса, кг
ТУ 21-26.3-41-79	1240×600×100	0,70	32,0
ТУ 88.13-81	1090×650×111	0,62	36,0

Сонячні колектори слід розміщувати з урахуванням типу забудови, ландшафту і можливостей будівельного майданчика. Для гарячого водопостачання тваринницьких комплексів або опалення будівель колектори рекомендується встановлювати на даху або на майданчику поблизу будівлі. У разі розміщення на даху колектори треба ставити на опорах. Відстань від даху будівлі до колекторів має бути достатньою для можливого ремонту даху.

Сонячні колектори орієнтують на південь з можливим відхиленням на схід до 20 ° або на захід до 30 °. Кут нахилу сонячних колекторів до горизонту вибирають залежно від періоду роботи установки: в разі цілорічної експлуатації він дорівнює широті місцевості, при роботі в літній період — широті місцевості плюс 16 °.

В установках для гарячого водопостачання та опалення застосовують рідинні акумулятори.

Магістральні трубопроводи установок сонячного гарячого водопостачання та опалення для систем з природною циркуляцією теплоносія розміщують з уклоном не менше ніж 0,01, для системи з насосною циркуляцією теплоносія — з уклоном не менше ніж 0,002.

В установці сонячного гарячого водопостачання та опалення мають бути пристрої для видалення з системи повітря.

У проекті слід передбачити резервне (дублююче) теплове джерело, яким може бути котельня, ТЕЦ, електрокотел тощо. Резервне джерело теплоти використовують у разі потреби як догрівач води, нагрітої попередньо в сонячній установці.

#### 4.2. Розрахунок сонячної системи гарячого водопостачання

Теплові потужності системи гарячого водопостачання визначають на основі середньодобових норм споживання гарячої води. Для тваринницьких ферм ці норми є в [8; 18].

Норми споживання гарячої води для побутових потреб наведені в *табл. 4.2.*

*Таблиця 4.2. Норми споживання гарячої води і витрат теплоти*

Споживач	Одиниця	Норма споживання гарячої води, л, при температурі 65 °С	Норма витрати теплоти, МДж
Житлові будівлі квартирного типу з умивальниками, мийками, душовими	1 людина за добу	80...100	20,1...25,2
Те саме з ваннами	Те саме	110...130	27,7...32,7
Гуртожитки із загальними душовими	— “ —	40...50	10,4...12,6
Те саме з їдальнями і пральнями	— “ —	50...60	12,6...15,1
Лікарні, санаторії загального типу і будинки відпочинку із загальними ваннами та душовими	1 ліжко за добу	150...180	37,7...45,3
Поліклініки й амбулаторії	1 відвідувач	5	1,26
Клуби, будинки культури і театри із загальними душовими	1 душ за 1 год	160...180	40,2...45,3
Побутові приміщення промислових підприємств і спортивних споруд з душовими	Те саме	270	67,9
Лазні російського типу (без плавальних басейнів)	1 відвідувач	90...110	22,6...22,7
Пральні: механізовані	1 кг сухої білизни	20...25	5,0...6,8
немеханізовані		15	3,8
Навчальні заклади та загальноосвітні школи з гімнастичними залами	1 учень за зміну	7	1,76
Дитячі ясла-садки	1 дитина за добу	25...30	6,3...7,5
Підприємства громадського харчування	1 відвідувач	30	7,5
Водорозбірна точка технологічного обладнання або мийка в їдальнях	1 точка за 1 год	250...300	62,9...79,4

Якщо температура гарячої води  $t_r$ , що подається споживачеві, відрізняється від нормованого значення  $t_{r,норм}$ , то витрата води споживачами, кг/с,

$$m_t = m_i \frac{t_r - t_x}{t_{r,норм} - t_x}, \quad (4.1)$$

де  $m_i$  — норма витрати води, кг/с;  $t_x, t_r$  — температури води на вході в колектор та виході з нього, °С.

Сонячні установки, що обладнані резервним джерелом теплоти, розраховують за даними місяця з найбільшою за період роботи сумою сонячної радіації; системи, що працюють без дублюючого джерела, розраховують за найменшою сумою радіації.

Площа поглинальної поверхні геліоустановок за наявності резервного джерела теплоти

$$A = \frac{1,16 M_r (t_r - t_x)}{\eta \sum q_i}, \quad (4.2)$$

де  $M_r$  — витрата гарячої води в системі гарячого водопостачання або опалення, кг/добу;  $q_i$  — інтенсивність сонячної радіації, що падає на площину колектора, Вт/м<sup>2</sup>;  $\eta$  — ККД установки сонячного гарячого водопостачання.

Інтенсивність сонячної радіації, що падає на колектор для кожного світлового дня,

$$q_i = P_s I_s + P_d I_d, \quad (4.3)$$

де  $P_s, P_d$  — коефіцієнт розміщення сонячного колектора відповідно для прямої та розсіяної радіації:

$$P_d = \cos^2 \frac{b}{2}, \quad (4.4)$$

$b$  — кут нахилу сонячного колектора до горизонту, град.;  $I_s, I_d$  — інтенсивності сонячної радіації відповідно, що падає на горизонтальну поверхню та розсіяної, Вт/м<sup>2</sup>.

Середньомісячні значення  $P_s$  залежно від кута нахилу колектора до горизонту наведені в *додатку 24*.

Значення  $q_i$  для сонячних колекторів південної орієнтації слід вибирати в інтервалі від 8-ї до 16-ї години.

У разі відхилення колекторів південної орієнтації на схід на кожні 15° інтервал часу слід рахувати на 1 год раніше; у разі відхилення на захід — на 1 год пізніше.

ККД установки

$$\eta = 0,8 \left[ \theta - \frac{8U[0,5(t_1 + t_2) - \bar{t}_3]}{\sum q_i} \right], \quad (4.5)$$

де  $U$  — зведений коефіцієнт тепловтрат сонячного колектора, Вт/(м<sup>2</sup>·К) (для колекторів з одинарним склінням  $U = 8$  Вт/(м<sup>2</sup>·К), з подвійним склінням  $U = 5$  Вт/(м<sup>2</sup>·К));  $\theta$  — зведена оптична характеристика колектора (для колекторів з одинарним склінням можна взяти  $\theta = 0,73$ ; з подвійним склінням  $\theta = 0,63$ );  $t_1, t_2$  — температури теплоносіїв на вході й виході сонячного колектора, °С (для дво- і триконтурних установок рекомендується взяти  $t_1 = t_x + 5, t_2 = t_r + 5$ );  $\bar{t}_3$  — середня денна температура зовнішнього повітря, °С.

Орієнтовні значення площі поверхні нагріву сонячного колектора можна взяти 4,5...9,0 м<sup>2</sup> для опалення приміщення площею 15 м<sup>2</sup> (у середньому 50 % площі підлоги приміщення) і 1,5...2,0 м<sup>2</sup> для забезпечення гарячою водою одного мешканця. Об'єм бака-акумулятора, м<sup>3</sup>,

$$V = (0,06...0,08)A, \quad (4.6)$$

де  $A$  — площа поглинальної поверхні колектора, м<sup>2</sup>.

Розраховувати теплообмінні апарати слід за середнім значенням витрат води і теплоносія.

Площа нагріву теплообмінного апарата, м<sup>2</sup>,

$$A_r = \frac{\Phi}{K_r \Delta t_r}, \quad (4.7)$$

де  $\Phi$  — теплова потужність системи гарячого водопостачання та опалення, Вт;  $K_r$  — коефіцієнт теплопередачі теплообмінного апарата (для трубчастих теплообмінників  $K_r = 1500...1700$  Вт/(м<sup>2</sup>·К));  $\Delta t_r$  — різниця температур:

$$\Delta t_r = \frac{\Delta t_{\max} + \Delta t_{\min}}{2}; \quad (4.8)$$

$\Delta t_{\max}, \Delta t_{\min}$  — відповідно максимальний і мінімальний перепади температури на кінцях теплообмінника.

Кількість теплоти, ГДж, що вироблена геліоустановкою за рік (сезон),

$$Q_{\text{уст}} = A \eta_{\text{річ}} \sum_{z,y,i} q_i, \quad (4.9)$$

де  $\eta_{\text{річ}}$  — річний (сезонний) ККД установки;  $z$  — кількість місяців роботи установки (залежить від географічної широти даної місцевості і визначається завданням на проект);  $y$  — кількість днів у місяці.

На *рис. 4.2* зображено криві залежності значень  $\eta_{\text{річ}}$  від характеристик сонячних колекторів  $A_c$ , м<sup>2</sup>/(ГДж·добу) і  $V_c$ , м<sup>3</sup>/(ГДж·добу), які відповідають одиниці добового теплового навантаження гарячого водопостачання або опалення:

$$A_c = \frac{10^6 A}{4,19(t_r - t_x)}; \quad (4.10)$$

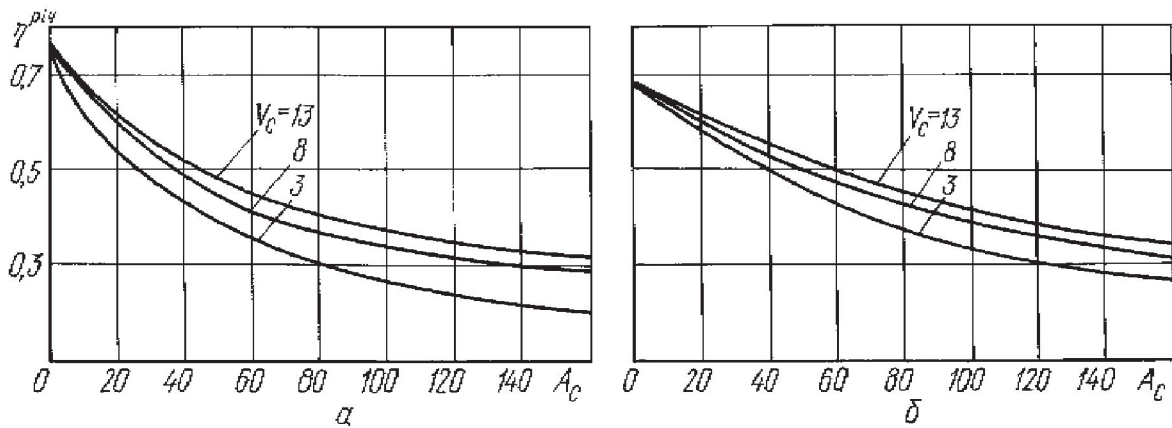


Рис. 4.2. Залежність річного (а) та сезонного (б) ККД установки сонячного гарячого водопостачання від значень  $A_c$  і  $V_c$

$$V_c = \frac{10^6 V}{4,19(t_r - t_x)}. \quad (4.11)$$

Кількість теплоти, виробленої геліоустановкою за рік, ГДж,

$$Q_{\text{річ}} = \eta_{\text{річ}} q_{\text{пад}} A, \quad (4.12)$$

де річні суми сонячної радіації, що падає,  $q_{\text{пад}}$ , ГДж/м<sup>2</sup>, можна взяти для Ялти 5,50, для Одеси 4,78, для Києва 4,55.

Кількість зекономленого за один рік умовного палива завдяки використанню сонячної радіації, т,

$$B = 0,0342 Q_{\text{уст}} / \eta_{\text{зам}}, \quad (4.13)$$

де  $\eta_{\text{зам}}$  — ККД заміненого джерела теплоти.

Добирають резервний котел і визначають витрату палива відповідно до методики, що викладена в посібнику [8].

### 4.3. Обладнання установок сонячного гарячого водопостачання

Установки сонячного гарячого водопостачання включають в себе таке основне обладнання:

- сонячні колектори;
- циркуляційні насоси;
- швидкісні теплообмінники;
- баки-акумулятори з теплообмінниками і без них;
- елементи автоматики (диференційні терморегулятори, пропорційні регулятори витрат тощо).

Схема плоского сонячного колектора наведена на рис. 4.3.

В установках сонячного гарячого водопостачання, крім вказаних у ВСН 52–86 насосів типу ЦВЦ, допускається використовувати відцентрові одноступінчасті насоси типів К, КМ.

У разі використання в теплоприймальних контурах антифризів доцільно застосовувати вихрові насоси типів ВС, ВКО або хімічні відцентрові насоси типу ХО.

Тип теплообмінника вибирають залежно від принципової схеми установки сонячного гарячого водопостачання.

Якщо витрати теплоносіїв перевищують 0,55 л/с ( $\approx 1800$  кг/год), то як теплообмінники рекомендується застосовувати швидкісні водяні секційні підігрівники, які випускаються за ТУ400-28-255-77Е.

Якщо витрати теплоносіїв менше ніж 0,55 л/с ( $\approx 1800$  кг/год), то рекомендується застосовувати швидкісні теплообмінники типу ТТ (труба в трубі), технічні характеристики яких наведені в табл. 4.3.

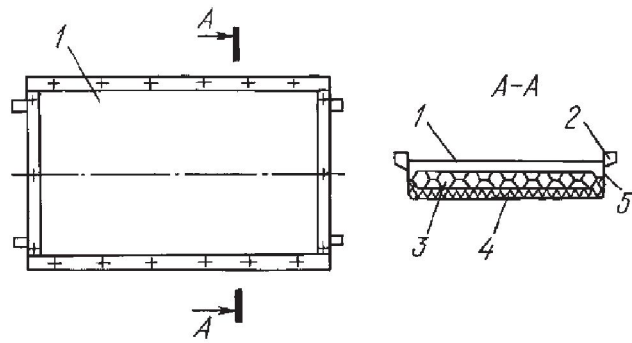


Рис. 4.3. Конструкція сонячного колектора:  
1 — скло; 2 — герметик; 3 — поглинальна панель; 4 — теплоізоляція; 5 — корпус

Таблиця 4.3. Технічні характеристики проточних теплообмінників типу ТТ

Тип теплообмінника	Зовнішній/внутрішній діаметри труби, мм		Прохідний переріз труби, см <sup>2</sup>		Поверхня нагріву однієї секції, м <sup>2</sup>	Довжина секції, мм	Маса однієї секції, кг
	внутрішньої	зовнішньої	внутрішньої	зовнішньої			
ТТ1-25/38-10/10	25/20	38/32	3,14	1,13	1,4	4500	140
ТТ2-25/38-10/10	25/20	38/32	6,28	6,26	1,4	4500	140

Швидкісні теплообмінники сонячних установок потрібно підключати за протитечійною схемою руху теплоносіїв. При цьому витрати обох теплоносіїв рекомендується по можливості брати однаковими.

Як вбудовані теплообмінники рекомендуються розроблені в Київ-ЗНДІЕП гладкотрубні сталеві змійовики однопрохідної конструкції. Змійовики призначені для установки ємнісних пароводяних водопідігрівників типу СТД, виготовлених за ТУ 36-9851-75.

Баки-акумулятори без вбудованих теплообмінників застосовують в одноконтурних сонячних установках, а також у дво- і триконтурних установках у поєднанні зі швидкісними теплообмінниками. Як напірні баки-акумулятори можуть застосовуватись ємнісні водопідігрівники типу СТД, які поставляються без теплообмінних елементів, або цилін-

дричні зварні резервуари місткістю від 10 до 1000 м<sup>3</sup>. Як безнапірні баки-акумулятори рекомендується використовувати прямокутні сталеві резервуари місткістю від 5 до 40 м<sup>3</sup>.

Потрібну поверхню теплообмінників (рис. 4.4), м<sup>2</sup>, розраховують за формулою

$$A = \frac{Gc_{вр}(t_{в_2} - t_{в_1})}{3600\tau k_t \Delta \bar{t}}, \quad (4.14)$$

де  $G$  — кількість нагріваної в сонячній установці води, що відповідає добовому її споживанню, кг;  $c_{вр}$  — питома теплоємність води, яка дорівнює 4180 Дж/(кг·С) при постійному тиску;  $t_{в_1}, t_{в_2}$  — відповідно початкова і кінцева температури нагріваної води, °С;  $\tau$  — тривалість денного циклу роботи сонячної установки, год;  $\Delta \bar{t}$  — середній температурний напір у теплообміннику, який беруть, згідно з вимогами ВСН 52–86, не більше ніж 5 °С;  $k_t$  — коефіцієнт теплопередачі теплообмінника, Вт/(м<sup>2</sup>·К).

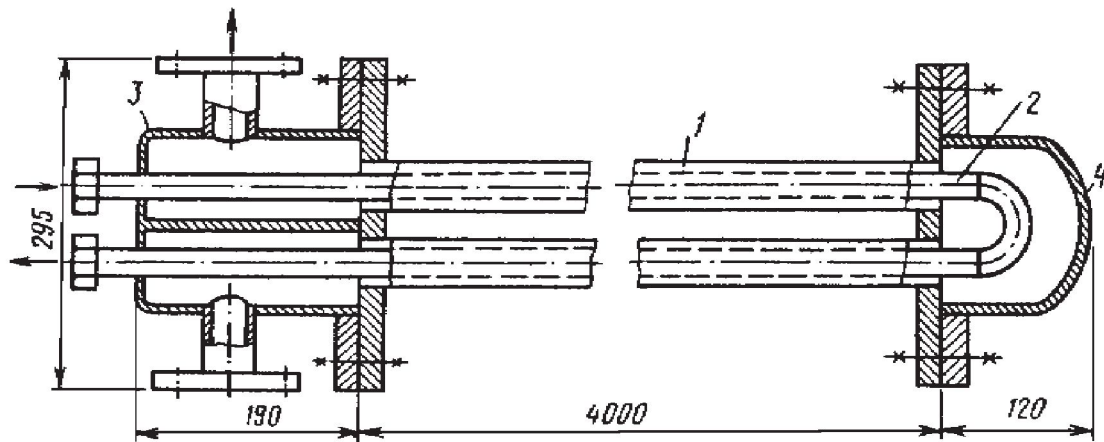


Рис. 4.4. Секція проточного теплообмінника типу ТТ:

1 — зовнішня (кожухова) труба; 2 — внутрішня (теплообмінна) труба; 3 — розподільна камера; 4 — поворотна камера

Значення  $k_t$  для швидкісних теплообмінників визначають за емпіричною формулою

$$k_t = \frac{av_1^{0,8}}{1 + (v_1/v_2)^{0,8}}, \quad (4.15)$$

де  $a = 5500$  для швидкісних теплообмінників, які випускаються за ТУ 400-28-255–77Е;  $a = 5150$  для теплообмінників типу ТТ;  $v_1, v_2$  — швидкості руху теплоносія відповідно в трубному і міжтрубному перерізах теплообмінника, м/с.

Для теплообмінників, які випускаються за ТУ 400-28-255–77Е, значення швидкостей  $v_1$  і  $v_2$  рекомендується брати в межах від 0,3 до 10,0 м/с, а для теплообмінників типу ТТ — в межах від 0,5 до 1,0 м/с.

Вбудовані теплообмінники для ємнісних підігрівників типу СТД добирають за *табл. 4.3* залежно від потрібної розрахункової місткості баків-акумуляторів.

Гідравлічний опір швидкісних теплообмінників залежить від їхньої конструкції, швидкості течії теплоносіїв ( $v_1, v_2$ ) і кількості секцій  $z$ , визначених тепловим розрахунком. При цьому для теплообмінників, виготовлених за ТУ 400-28-255-77Е, гідравлічний опір, Па, всередині труб і в міжтрубному просторі при довжині секції 4 м можна розрахувати відповідно за формулами

$$\Delta p_1 = 5000 v_1^2 z; \quad (4.16)$$

$$\Delta p_2 = 10800 v_2^2 z, \quad (4.17)$$

а для теплообмінників типу ТТ — за формулами

$$\Delta p_1 = 8000 v_1^2 z / n; \quad (4.18)$$

$$\Delta p_2 = 13400 v_2^2 z / n, \quad (4.19)$$

де  $n$  — кількість нормальних ходів для кожного теплоносія ( $n = 1$  для теплообмінника ТТ1 і  $n = 2$  для теплообмінника ТТ2).

Гідравлічний опір змієвиків, Па, визначають за формулою

$$\Delta p = 125 \left( \frac{\sum l}{d} + 940 \right) v^2, \quad (4.20)$$

де  $\sum l$  — сумарна довжина труб теплообмінника, м;  $d$  — умовний прохід труб теплообмінника, м;  $v$  — швидкість руху теплоносія всередині змієвика, м/с.