

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Кафедра теплогазопостачання і вентиляції



**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до розрахунково-графічної роботи  
з дисципліни  
"ПОНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ"

"Геотеплопідготовча станція (ГеоТПС) системи центрального  
теплопостачання селища садибної забудови"  
для студентів другого (магістерського) рівня,  
що навчаються за освітніми програмами  
Теплогазопостачання і вентиляція  
спеціальності 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

Одеса 2020

УДК 697.326

"ЗАТВЕРДЖЕНО"  
Вченою Радою ІГБЦІ

УКЛАДАЧІ: професор, д.т.н. О.П. Воїнов  
доцент, к.т.н. Ю.Г. Елькін

РЕЦЕНЗЕНТИ: к.т.н., доцент кафедри "Теплових електростанцій та енергозберігаючих технологій" ОНПУ Ж.Ф. Дорошенко  
к.т.н., доцент кафедри ТГПіВ ОДАБА В.Ф. Ісаєв

В наведених методичних вказівках приведена методика теплового и гідравлічного розрахунку геотеплопідготовчої станції (ГеоТПС) системи центрального тепlopостачання селища садибної забудови. Наведено приклад розрахунку.

Відповідальна за випуск: завідувач кафедрою Теплогазопостачання,  
к.т.н., доц. Ю.Г. Елькін

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1.Зміст проекту. Завдання .....	5
2.Опис принципової схеми ГеоТПС .....	8
3. Послідовність рішення вузлових питань завдання з прикладом розрахунку .....	12
4. Принципові рішення за тепловою схемою ГеоТПС.....	13
5. Принципові рішення по параметрах теплоносіїв .....	14
6. Розрахункові витрати теплоносіїв.....	14
7. Розрахунок теплообмінника опалення.....	15
8. Проектування теплоакumuлюючої установки.....	22
9. Основні параметри геоциркуляційної системи.....	23
10. Розрахунок витиснення з енергобалансу органічного палива .	23
Додатки .....	25
Література .....	27

## ВСТУП

У цей час все актуальніше стає проблема використання світових ресурсів, видобуток корисних копалин помітно знижується, що приводить до подорожчання енергоносіїв, а це відбувається на споживачах, які недоодержують достатню кількість електрики й теплоти.

У цій обстановці у світі спостерігається тенденція розробки й використання нетрадиційних і поновлюваних джерел енергії, таких як енергія вітру, сонця й інших. Нетрадиційні методи джерел енергії здатні забезпечити 10 - 15% потреби в енергії.

У даній роботі ми торкнемося питання використання енергії землі, тобто розглянемо й розробимо схему геотермальної системи теплопостачання селища садибної забудови.

Актуальність цього питання полягає в тому, що на півдні України геотермальні води перебувають на глибині 600 м і менш, а це значно спрощує завдання, тому що одним з деяких недоліків таких систем є висока вартість бурових робіт. У середньому температура ґрунту збільшується з кожним кілометром на 40°C і вже на глибині 2 км може досягати 60°C і вище, завдяки цьому ми можемо повністю забезпечити гаряче водопостачання й опалення селища.

Незважаючи на високу вартість, такі системи незабаром окуплять себе, тому що заощаджують велику кількість засобів, необхідних для придбання енергоносіїв. Мале використання геотермальних систем диктується не тільки підвищеною вартістю бурових робіт, але й високою корозійною стійкістю теплоносія, що приводить до збільшення витрат на використання в теплообмінниках пластин із хромонікелевої сталі.

Незважаючи на деякі недоліки, такі системи незабаром знайдуть широке застосування, тому що використовувана ними енергія невичерпна.

## **1.Зміст проекту. Завдання.**

Курсовий проект передбачає виконання студентами основних теплотехнічних розрахунків ГеоТПС для теплопостачання житлового селища, будівництво якого планується в південних приморських районах України. Передбачається, що селище буде забудовано одно - двоповерховими односімейними котеджами і до початку проектування ГеоТПС буде мати центральне водопостачання, водовідведення і електропостачання, а по даному проекту - центральне опалення і гаряче водопостачання. Система електропостачання селища буде підключатися до місцевої вітроенергетичної станції, а її резервування - від традиційних теплових енергоустановок.

Як первинний енергоносіє на ГеоТПС використовується вода, що циркулює по замкнутому контуру: через активну зону - породного глибинного теплообмінника ПГТ - і теплообмінне устаткування станції за допомогою встановлених на ній циркуляційних насосів. Глибина закладання ПГТ підземного глибинного теплообмінника і загальна потужність системи тепловитяга і тепловикористання повинна бути визначена розрахунком. Одночасно із цим визначається очікуване витиснення з топливно-енергетичного балансу селища органічного палива і дається оцінка екологічної ефективності запропонованих рішень.

В обсяг курсового проекту входить рішення основних питань, пов'язаних з розробкою ГеоТПС як головної споруди централізованого теплопостачання, послідовність і зміст яких приводиться нижче.

Вступ. Аналіз вихідних даних. 1. Визначення значень розрахункових теплових потоків. 2. Принципові рішення проекту за тепловою схемою ГеоТПС. 3. Принципові рішення по параметрах теплоносіїв (дати обґрунтування). 4 Розрахунок температури геотермального теплоносія, що повертається в ПГТ після використання. 6. Розрахунок теплової потужності геоциркуляційної системи.

7. Перевірка теплового балансу ГеоТПС. 8. Розрахунок пластинчастого теплообмінника опалювальної установки. 9. Розрахунок теплоакумуючої установки гарячого водопостачання. 10. Розрахунок річного виробітку теплоти ГеоТПС. Визначення основних параметрів геоциркуляційної системи. 11. Розрахунок витиснення з енергобалансу органічного палива. 12. Екологічна оцінка проектної пропозиції.

Основні вихідні дані для розробки теми проекту наведені в завданні, індивідуально складеного для кожного курсового проекту. Крім основних даних, які вписані в перелік на лицьовій стороні бланка завдання, на його оберті наводяться додаткові дані, пов'язані із кліматичними умовами місця будівництва.

Форма бланка завдання наведена на наступній сторінці.

Геотермальні системи теплопостачання, як і інші нетрадиційні системи тепловикористання, не можуть проектуватися на встановлені нормами для паливних джерел теплоти температури теплоносіїв.

Тому, завданням на розробку проекту передбачається самостійний вибір студентом цих температур з необхідними поясненнями, що обґрунтовують зроблений вибір. Зацікавленому проектувальникові рекомендується розгляд альтернативних варіантів рішення поставленого завдання за своєю пропозицією, погодженому з керівником курсового проектування.

# Одеська державна академія будівництва й архітектури

Кафедра теплопостачання

Студентів групи .....

Шифр.....

.....

Строк виконання.....

## ЗАВДАННЯ

на виконання РГР

з дисципліни

### "Потовлювальні джерела енергії"

"Геотеплопідготовча станція (ГеоТПС) системи теплопостачання  
селища садибної забудови"

### ВИХІДНІ ДАНІ:

1. Район будівництва м. \_\_\_\_\_

2. Селище на п \_\_\_\_\_ садибних будов.

3. Опалювальна площа кожної будови  $F_0$  \_\_\_\_\_, м<sup>2</sup>.

4. Геотермічний градієнт місцевості  $\Gamma =$  \_\_\_\_\_, К/км;

5. Додаткові дані \_\_\_\_\_

5.1 Середня населеність котеджу  $N$  \_\_\_\_\_, чол.

5.2 Схема приєднання підігрівників  
гарячого водопостачання \_\_\_\_\_

5.3 Температура нейтрального шару  $\Theta$  \_\_\_\_\_, °С

Завдання видав

Прийняв до виконання

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## 2. Опис принципової схеми ГеоТПС

Геотермальний теплоносіє, виведений на денну поверхню експлуатаційною свердловиною 1 і дегазований сепаратором 3 розгалужується у вузлі Т на два потоки: перший з них направляєтся як первинний теплоносіє в опалювальні теплообмінники 10, а другий - у підігрівник 8 другого ступеню системи гарячого водопостачання. З водо-водяних підігрівників 10 і 8 геотермальний теплоносіє, що відводить у них частину свого тепла, направляєтся як теплоносіє у підігрівник 7 першого ступеню нагрівання холодної водопровідної води, що надходить із водогінної мережі 5 за допомогою насоса 6. Відпрацьований геотермальний теплоносіє після теплообмінника 7 за допомогою насоса 4 підземного контура циркуляції накачується в робочу зону підземного теплового котла.

Через вторинний контур опалювальних теплообмінників 10 циркулює теплоносіє низькотемпературних водяних і повітряних систем опалення 11, повітря останніх нагріваетца в калориферах 13 за рахунок зворотної води панельних систем опалення. Для подачі повітря в калорифер служить вентилятор 12. Циркуляція в системах опалення підтримується насосами 14 і 14-А. Система регулювання опалення котеджів кількісна, здійснюється за допомогою автоматики 15.

Водопровідна вода, підігріта в підігрівнику 7 через насос 9 надходить у підігрівник 8 звідки вже з розрахунковою температурою подається в мережу гарячого водопостачання 19 і паралельно - у баки - акумулятори 16. Регулювання системи акумуляції гарячої води здійснюється автоматично регулятором 17 і зарядочним насосом 9.

Нерозібрана вода в системі гарячого водопостачання вертається на ГеоТПС по циркуляційному трубопроводу 20 і за допомогою насоса 18 знову подається в підігрівник 8 для нагрівання. Проектом передбачаетца покриття власних потреб ГеоТПС в електроенергії (на привод насосів, живлення систем автоматики і висвітлення) місцевої вітряної електростанції - ВЕС.



Резервне електропостачання - від районних електричних мереж. Як варіант може бути розглянуте електропостачання ГеоТПС від лінії - ТЕЦ з ДВС, які запитуються із селищної мережі природного газу. Технологічний процес ГеоТПС повністю автоматизується і керування їм може здійснюватися за допомогою засобів телемеханіки і обчислювальної техніки. Постійного знаходження чергового персоналу в приміщенні ГеоТПС передбачати не слід.

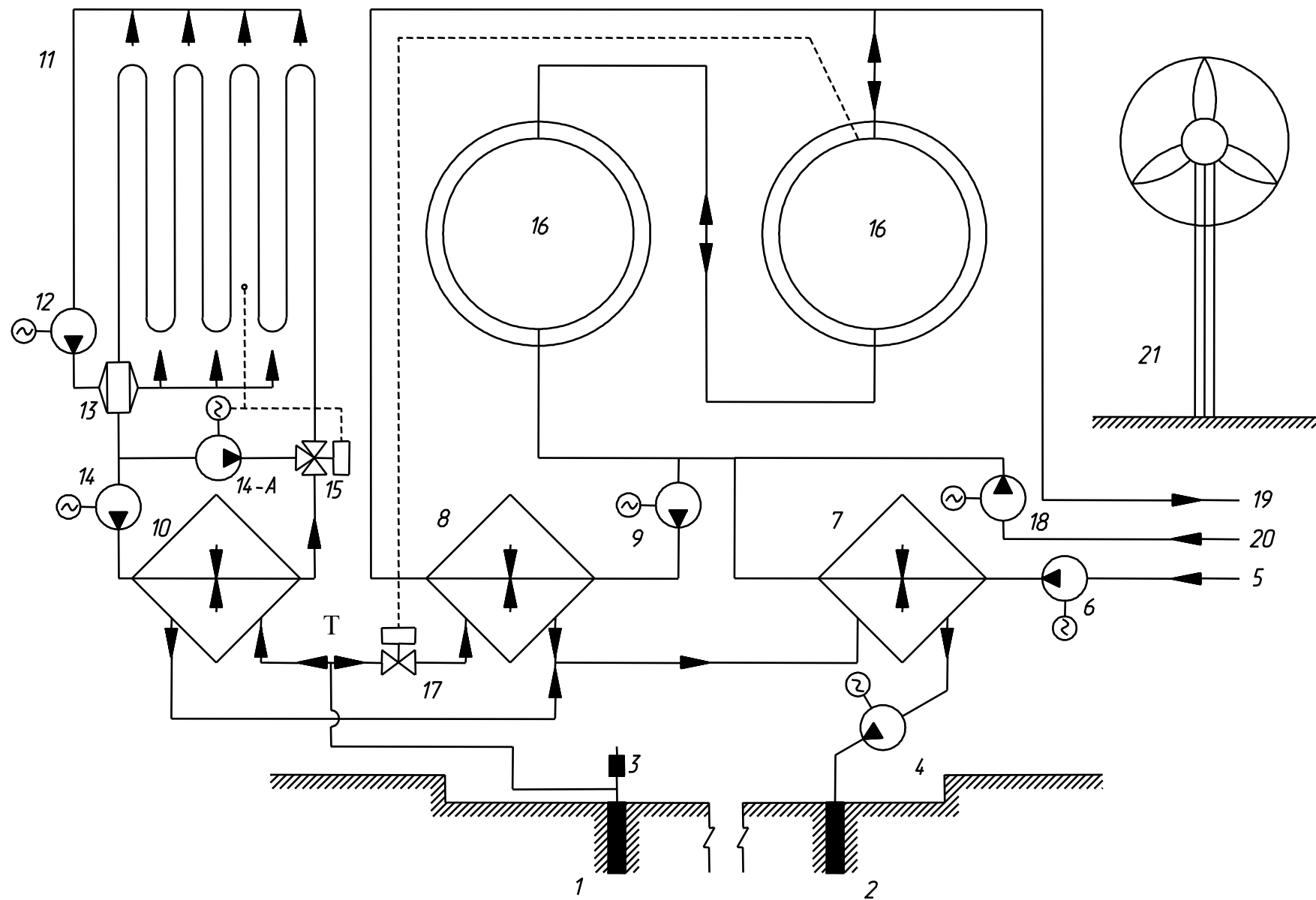


Рис. 1 Принципова схема ГеоТЭС

## Експлікація

до теплової схеми геотеплопідготовчої станції (ГеоТПС) системи  
теплопостачання селища садибної забудови

1. Геотермальна експлуатаційна свердловина.
2. Свердловина накачування відпрацьованого теплоносія.
3. Дегазаційна установка.
4. Насос підземного контуру циркуляції.
5. Міський водопровід.
6. Насос водопровідної води.
7. Перший ступінь нагрівання водопровідної води для системи гарячого водопостачання.
8. Другий ступінь нагрівання води системи гарячого водопостачання.
9. Зарядочний насос акумуляторів гарячої води.
10. Водо-водяний теплообмінник опалювальних систем.
11. Панельно-промениста і повітряна системи низькотемпературного опалення.
12. Вентилятор.
13. Калорифер.
14. і 14-А. Насоси циркуляції та підмішування систем опалення.
15. Регулятор опалення.
16. Акумулятори гарячої води.
17. Регулятор акумуляції гарячої води.
18. Циркуляційний насос системи гарячого водопостачання селища.
19. Гаряча вода на водорозбір.
20. Циркуляційна лінія системи гарячого водопостачання.
21. Вітроенергетична установка власних потреб ГеоТПС.

### 3. Послідовність рішення вузлових питань завдання з прикладом розрахунку

Визначення значень розрахункових теплових потоків

#### 3.1 Опалення.

$$Q_o^p = n \cdot F_o \cdot q_o \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

де  $Q_o^p$  - тепловий потік опалення селища, кВт;

$n$  - число садибних будов котеджів;

$F_o$  - опалювальна площа однієї будови, м<sup>2</sup>;

$q_o$  - питомий нормативний тепловий потік опалення, Вт/м<sup>2</sup>

За завданням:  $n = 50$ ;  $F_o = 100$  м<sup>2</sup>;  $q_o = 74$  Вт/м<sup>2</sup>

$$Q_o^p = 50 \cdot 100 \cdot 74 \cdot 10^{-3} = 370 \text{ кВт}$$

#### 3.2 Гаряче водопостачання

##### 1.2.1. Тепловий потік, віднесений до одного жителя селища

$$Q_{r1}^c = \frac{1,2 \cdot q_{п.с} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_r^p - t_x^3) \cdot 10^{-3}}{24 \cdot 3600}, \quad (2)$$

де  $Q_{r1}^c$  - середньорічний питомий тепловий потік гарячого водопостачання, Вт/чол.

1,2 - коефіцієнт, що враховує теплові втрати в мережах гарячого водопостачання;

$q_{п.с}$  - норма споживання гарячої води в житлових будинках, л/(чол. доба);

$\rho$  - щільність води, кг/л;

$c$  - питома теплоємність води,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ ;

$t_r^p$  - середня температура води на виході з підігрівальної установки ГеоТПС, °С ;

$t_x^3$  - розрахункова зимова температура води з мережі водопроводу, °С,

Приймається в проекті, з огляду на специфіку геотермального теплопостачання:  $q_{п.с} = 105$  л/чел. доба,  $t_r^p = 45$  °С;  $t_x^3 = 5$  °С;

$$Q_{r1}^c = \frac{1,2 \cdot 105 \cdot 1 \cdot 4190 \cdot (45 - 5) \cdot 10^{-3}}{24 \cdot 3600} = 0,244 \text{ кВт/чол}$$

### 3.2.2 Тепловий потік гарячого водопостачання селища

$$Q_{г.в}^c = Q_{г.1}^c \cdot n \cdot N, \quad (3)$$

де  $Q_r^c$  - тепловий потік гарячого водопостачання селища, кВт;

$n$  - число котеджів у селищі;

$N$  - середня населеність котеджу, чіл.

За завданням:  $n = 50$ ,  $N = 6$

$$Q_r^c = 0,244 \cdot 50 \cdot 6 = 73,2 \rightarrow 74 \text{ кВт.}$$

3.3. Розрахункове значення підключеної до ГеоТПС теплового навантаження

$$Q^p = Q_o^p + Q_{г.в}^c = 370 + 74 = 444 \text{ кВт} \quad (4)$$

$$\rho_r = \frac{Q_{г.в}^c}{Q_o^p} = \frac{74}{370} = 0,2 \quad (5)$$

$\rho_r$  - безрозмірний параметр, що визначає формат вибору схеми підігріву води на теплових станціях.

## 4. Принципові рішення за тепловою схемою ГеоТПС

4.1 Приймається двоступінчаста змішана схема підключення водовдяних підігрівників у мережі геотермального теплоносія

- 4.2 Підключення опалювальних систем до контуру геотермального теплоносія - через центральну водопідігрівальну установку ГеоТПС установлюються 2 теплообмінники з тепловою потужністю  $0,5 \cdot Q_r^p$  кожний;
- 4.3. передбачається встановлювати пластинчасті розбірні теплообмінники ТПР-0,3 заводу "Павлоградхиммаш" (Україна). З огляду на високу корозійну активність геотермального теплоносія передбачається використати в теплообмінниках пластини з хромонікелевої сталі 1X18H9T з  $\lambda = 16 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ .

Принципова тепла схема ГеоТПС і експлікація до неї додаються.

## 5. Принципові рішення по параметрах теплоносіїв

На підставі заданих геотермічних умов місцевості будівництва селища і використання у всіх котеджах селища низькотемпературних променисто-панельних і повітряних систем опалення, включених за каскадною схемою, може бути ухвалені рішення призначити наступні розрахункові значення температур теплоносіїв.

- 5.1 Температура первинного геотермального теплоносія, виведеного на денну поверхню в ГеоТПС  $\tau_1 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- 5.2 Температура води опалювальних систем на виході з опалювальних теплообмінників  $t_1^p = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- 5.3 Те ж - на виході з опалювальних систем  $t_2^p = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- 5.4. Температура геотермального теплоносія на виході з опалювальних теплообмінників  $\tau_2 = 35 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- 5.5. Температура водопровідної води на виході з підігрівника першого щабля підігріву  $t_{II} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

## 6. Розрахункові витрати теплоносіїв

6.1. На опалювальні підігрівники (10) геотермального теплоносія

$$G = \frac{Q_o^p}{c \cdot (\tau_1^p - \tau_2^p)} = \frac{370 \cdot 10^3}{4190 \cdot (60 - 35)} = 3,53 \text{ кг/с} \quad (6)$$

6.2. На підігрівник другого ступеню підігріву води гарячого водопостачання (8)

6.2.1. Теплове навантаження другого ступеня

$$\frac{Q_{гп}^b}{Q_r^c} = \frac{t_r^p - t_{п}}{t_r^p - t_x^3} = \frac{45 - 25}{45 - 5} = \frac{20}{40} = 0,5 \quad (7)$$

$$Q_{гп}^b = 0,5 \cdot Q_r^c = 0,5 \cdot 74 = 37 \text{ кВт}$$

$$6.2.2 \quad G_{гп} = \frac{Q_{гп}^c \cdot 10^3}{c \cdot (\tau_1^p - \tau_2^p)} = \frac{37 \cdot 10^3}{4190 \cdot (45 - 5)} = 353 \text{ кг/с} \quad (9)$$

6.3. Повна витрата геотермального теплоносія

$$G_r = G_{го} + G_{гп} = 3,53 + 0,353 = 3,883 \text{ кг/с} \quad (10)$$

6.4. Витрата води гарячого водопостачання

$$G_x^c = \frac{Q_r^c \cdot 10^3}{c \cdot (t_r^p - t_x^3)} = \frac{74000}{4190 \cdot (45 - 5)} = 0,442 \text{ кг/с} \quad (11)$$

6.5. Температура геотермального теплоносія після теплообмінника I шабля - перед накачуванням у підземний тепловий котел

$$\tau_2^p = \tau_2^p - \frac{Q_{гп}^c \cdot 10^3}{c \cdot G_r} = 35 - \frac{37 \cdot 10^3}{4190 \cdot 3,883} = 32,72 \text{ }^\circ\text{C} \quad (12)$$

6.6. Повна теплова потужність геоциркуляційної системи

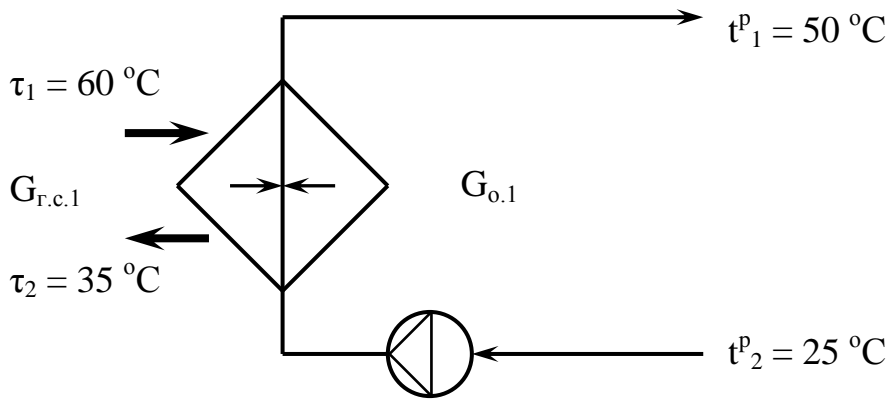
$$Q_{г.ц} = G_r \cdot c \cdot (\tau_1 - \tau_2) = 3,883 \cdot 4190 \cdot (60 - 32,72) \cdot 10^3 = 444 \text{ кВт} \quad (13)$$

6.7. Перевірка теплового балансу

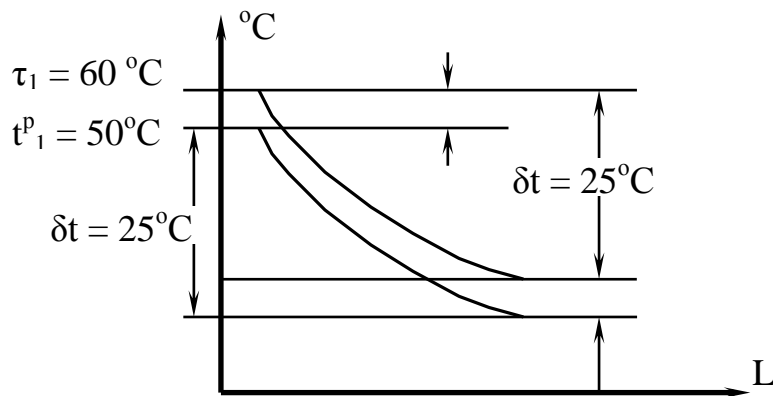
$$Q_{г.ц} = Q_o^p + Q_{г.в} = 370 + 74 = 444 \text{ кВт} \quad (14)$$

## 7. Розрахунок теплообмінника опалення

Розрахункова схема



7.1 Графіки зміни температур теплоносіїв у теплообміннику.



$$\tau_{cp} = \frac{\tau_1 + \tau_2}{2} = \frac{60 + 35}{2} = 47,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\rho_{47,5} = 988 \text{ кг/м}^3$$

$$t_{cp} = \frac{t_1^p + t_2^p}{2} = \frac{50 + 25}{2} = 37,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\rho_{37,5} = 992 \text{ кг/м}^3$$



Відношення еквівалентних витрат теплоносіїв:

$$W_2/W_1 = \delta\tau/\delta t = 1$$

Середній температурний напір через пластини теплообмінника:

$$\Delta T = \tau_{cp} - t_{cp} = 47,5 - 37,5 = 10 \text{ }^\circ\text{C}. \quad (15)$$

7.2. Витрати теплоносіїв через теплообмінник:

7.2.1. води, що гріє, - геотермального теплоносія

$$G_{r,oi} = \frac{0,5 \cdot Q_o^p \cdot 10^3}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)} = \frac{0,5 \cdot 370 \cdot 10^3}{4190 \cdot (60 - 35)} = 1,766 \text{ кг/з} \quad (16)$$

7.2.2. Води, що нагріває - системи опалення

$$G_{oi} = \frac{0,5 \cdot Q_o^p \cdot 10^3}{c \cdot (t_1^p - t_2^p)} = \frac{0,5 \cdot Q_o^p \cdot 10^3}{4190 \cdot (50 - 25)} = 1,766 \text{ кг/з} \quad (17)$$

7.3. Визначаємо орієнтовні значення максимально припустимих швидкостей теплоносіїв міжпластинчатих каналів за умовами припустимого гідравлічного опору теплообмінника по формулі Загребіна

$$W = 0,1 \sqrt{\frac{\varphi \cdot \psi \cdot K \cdot (160 + 3t_{cp}) \cdot \Delta T \cdot \Delta P}{\beta \cdot a \cdot (\delta\tau + \delta t)}}, \quad (18)$$

де  $W$  - припустима швидкість, м/с ;

$\varphi$  - коефіцієнт, що враховує термічний опір відкладень накипу й відповідне зниження коефіцієнта теплопередачі. Приймаємо 0,85;

$\psi$  - коефіцієнт, що враховує термічний опір пластини. Для пластин з нержавіючої сталі  $\psi = 0,8$ ;

$\beta$  - коефіцієнт, що враховує підвищення гідравлічного опору теплообмінника через відкладення накипу.

Для геотермального теплоносія можна прийняти 1,6, а для опалювальної води 1,3.

$a$  і  $K$  - коефіцієнти, що відбивають вид і конструкцію пластин теплообміну. Для теплообмінників ТПР - 0,3;  $a$  - 19,3,  $K = 0,1$ ;

$\Delta T$  - середній температурний напір через поверхню теплообміну, °C;

$\Delta P$  - припустима втрата напору в теплообміннику. Приймаємо: для тракту геотермального (гріючого) теплоносія 100 кПа, теплоносія що гріє (опалювальної води) 50кПа;

$\delta t$  і  $\delta t$  - перепади температур теплоносіїв.

7.3.1. Для потоку нагріває води, що:

$$W_2 = 0,1 \cdot \sqrt{\frac{0,85 \cdot 0,80 \cdot 0,1(160 + 3 \cdot 37,5) \cdot 10 \cdot 50}{1,3 \cdot 19,3(25 + 25)}} = 0,272 \text{ м/с} \quad (19)$$

7.3.2. Для потоку води, що гріє:

$$W_1 = 0,1 \cdot \sqrt{\frac{0,85 \cdot 0,80 \cdot 0,1 \cdot (160 + 3 \cdot 47,5) \cdot 10 \cdot 100}{1,6 \cdot 19,3 \cdot (25 + 25)}} = 0,365 \text{ м/с} \quad (20)$$

7.4 Мінімально припустиме число каналів у пакеті. Живий перетин одного міжпластинчатого каналу із пластин типу - 0,3:  $f_k = 0,0011 \text{ м}^2$ .

7.4.1. У пакеті води, що нагріває:

$$m_{2\text{пак}} = \frac{G_{o1}}{\rho_{cp} \cdot W_2 \cdot f_k} = \frac{1,766}{992 \cdot 0,272 \cdot 0,0011} = 5,95 \rightarrow 6 \text{ каналів} \quad (21)$$

7.4.2. У пакеті води, що гріє

$$m_{1\text{пак}} = \frac{G_{го}}{\rho_{cp} \cdot W_1 \cdot f_k} = \frac{1,766}{988 \cdot 0,305 \cdot 0,0011} = 4,45 \rightarrow 5 \text{ каналів} \quad (22)$$

7.5. Загальний живий перетин межпластинчатих каналів у пакеті

7.5.1. Води, що нагріває :

$$F_{\text{ж.пак.2}} = 6 \cdot 0,001 = 0,0066 \text{ м}^2 \quad (23)$$

7.5.2. води, що гріє :

$$F_{\text{ж.пак.1}} = 5 \cdot 0,001 = 0,0055 \text{ м}^2 \quad (24)$$

7.6. Розрахункові швидкості води в пакетах:

7.6.1. Води, що нагріває:

$$W_2 = \frac{G_{o1}}{\rho_{cp} \cdot F_{\text{ж.пак.2}}} = \frac{1,766}{992 \cdot 0,0066} = 0,269 \text{ м/с} \quad (25)$$

7.6.2. води, що гріє:

$$W_1 = \frac{G_{г.ол}}{\rho_{ср} \cdot F_{ж.пак.1}} = \frac{1,766}{988 \cdot 0,0055} = 0,325 \text{ м/с} \quad (26)$$

7.7. Визначаємо коефіцієнти тепловіддачі:

$$\alpha = A \frac{W^{0,73}}{d_3^{0,27}}, \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)} \quad (27)$$

де А - приймається з таблиць (табл. 24.3) на стор. 309 книги

"Водяні теплові мережі. Довідковий посібник"

W - швидкість води в міжпластинчатих каналах, м/с  
(див. п. 8.7.)

d<sub>3</sub> - еквівалентний діаметр межпластинчатих каналів.

Для пластин типу 0,3 d<sub>3</sub> = 0,008 м.

7.7.1. З боку води, що гріє, t<sub>ср</sub> = 47,5°C

A = 4032,5.

$$\alpha_1 = 4032,5 \frac{0,325^{0,73}}{0,008^{0,27}} = 6537,5, \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)} \quad (28)$$

7.7.2. З боку води, що гріє, t<sub>ср</sub> = 37,5°C

A = 3969.

$$\alpha_2 = 3969 \frac{0,269^{0,73}}{0,008^{0,27}} = 5604,8, \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)} \quad (29)$$

7.8. Коефіцієнт теплопередачі

$$K = \varphi \cdot \left( \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^{-1} = 0,85 \cdot \left( \frac{1}{6537,5} + \frac{0,001}{16} + \frac{1}{5604,8} \right)^{-1} =$$
$$= 0,85 \cdot \left( 1,529 \cdot 10^{-4} + 6,25 \cdot 10^{-5} + 1,748 \cdot 10^{-4} \right)^{-1} = 2158 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)} \quad (30)$$

7.9. Розрахункова поверхня нагрівання ПТО

$$F_p = \frac{0,5 \cdot Q_0^p \cdot 10^3}{K \cdot \Delta t} = \frac{0,5 \cdot 370 \cdot 10^3}{2158 \cdot 10} = 8,57 \text{ м}^2 \quad (31)$$

7.10. Розрахункова кількість необхідних межпластинчатих каналів

$$m_p = \frac{F_p}{f_{пл}} + 1 = \frac{8,57}{0,3} + 1 = 29,56 \rightarrow 30 \text{ каналів} \quad (32)$$

7.11. Розподіл загальної кількості межпластинчатих каналів по трактах теплоносіїв:

Конструктивно приймаємо загальну кількість межпластинчатих каналів  $m_k = 31$ , з яких 15 каналів відводимо тракту теплоносія, що гріє, і 16 каналів - по теплоносію що гріє, тобто

$$m_2 = m_1 + 1, m_k = m_1 + m_2 = 15 + 16 = 31 \text{ канал} \quad (33)$$

7.12. Фактична поверхня нагрівання ПТО

7.12.1. Число пластин активного теплообміну

$$n_f = m_k - 1 = 31 - 1 = 30 \text{ пластин} \quad (34)$$

7.12.2. Конструктивна поверхня теплообміну

$$F_k = n_f f_{пл} = 30 \times 0,3 = 9 \text{ м}^2 \quad (35)$$

7.13. Повне число коналоутворюючих пластин

$$n_k = m_k + 1 = 31 + 1 = 32 \text{ пластини} \quad (36)$$

7.14. Визначаємо число пакетів у трактах теплоносіїв і конструктивного числа межпластинчатих каналів у пакетах.

7.14.1. Тракт теплоносія, що гріє

$$x_1 = \frac{m_1}{m_{1.пак}} = \frac{15}{5} = 3 \text{ пакета по 5 каналів} \quad (37)$$

Швидкість води в каналах  $W_1 = 0,325 \text{ м/с}$

7.14.2. Тракт теплоносія, що нагріває

$$x_2 = \frac{m_2}{m_{2.пак}} = \frac{16}{6} = 2,66 \rightarrow 3 \text{ пакети} \quad (38)$$

Розподіляємо 16 каналів між трьома пакетами в такий спосіб:

2 пакети по 6 каналів

1 пакет в 4 канали

Швидкість у пакетах з 6 каналів

$$W_2 = 0,269 \text{ м/с (див. п. 8.7. 1.)}$$

Швидкість води в пакеті з 4-х каналів:

$$W_{2.4} = \frac{G_{o.1}}{\rho_{cp} \cdot F_{ж.пак}} = \frac{1,766}{992 \cdot 0,0011 \cdot 4} = 0,404 \text{ м/с} \quad (39)$$

Середня швидкість води в пакетах теплоносія, що нагріває, по формулі Кирхгофа:

$$W_2^{cp} = \frac{2 \cdot 0,269 + 1 \cdot 0,404}{2 + 1} = 0,314 \text{ м/с} \quad (40)$$

## 7.15. Падіння тиску по трактах теплоносіїв

### 7.15.1. Тракт теплоносія, що гріє

$$\Delta P_1 = \beta \cdot B \cdot x_1 \cdot (33 - 0,08 \cdot \tau_{cp}) \cdot W_1^{1,75} \quad (41)$$

тут  $\beta = 1,6$  ( див. п. 7.4),  $B=4,5$  (для пластин 0,3)  $x_1=3$  ( див. п. 7.15.1)

$$\Delta P_1 = 1,6 \cdot 4,5 \cdot 3 \cdot (33 - 0,008 \cdot 47,5) \cdot 0,325^{1,75} = 88,2 \text{ кПа}$$

$$(88,2 < 100!)$$

### 7.15.2. Тракт теплоносія, що нагріває

$$W_2^{cp} = 0,314 \text{ м/с}$$

$$\Delta P_2 = 1,3 \cdot 4,5 \cdot 3 \cdot (33 - 0,08 \cdot 37,5) \cdot 0,314^{1,75} = 69,3 \text{ кПа}$$

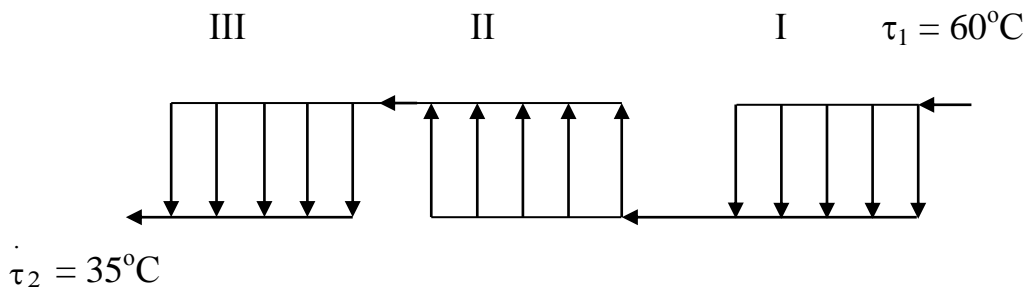
$$\Delta P_2 = 69,3 > 50 \text{ кПа}$$

Розрахункова втрата тиску по тракту опалювальної води в теплообміннику трохи перевищує попередньо прийняте 50 кПа, що повинне бути уточнене при підборі мережних (циркуляційно - підмішуючих) насосів (на схемі - поз.14)

## 7.16. Схеми трактів теплоносіїв

### 7.17.1. Тракт теплоносія, що гріє

Пакети:

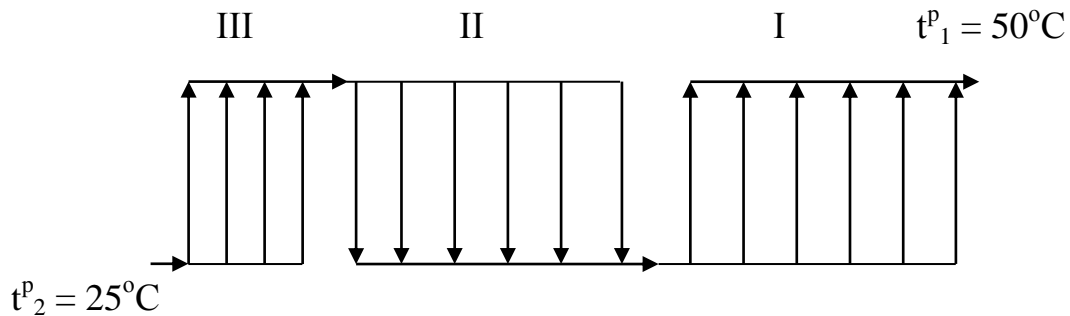


$$G_{\text{г.проп}} = 1,766 \text{ кг/з} ; x = 3; m_1 = 15; W = 0,325 \text{ м/с}$$

$$\Delta P_1 = 88,2 \text{ кПа}$$

### 7.16.2. Тракт теплоносія, що нагріває

Пакети:



$$G_{o1} = 1,766 \text{ кг/з} ; x = 3; m_2 = 16; W_2^{cp} = 0,314 \text{ м/с}$$

$$\Delta P_2 = 69,3 \text{ кПа}$$

## 8. Проектування теплоакмулюючої установки.

### 8.1 Визначення місткості баків акумуляторів для гарячого водопостачання.

$$\Pi = K_2^{1,38} \frac{Q_{\text{г}}^c \cdot 10^3 \cdot 0,86}{(t_{\text{г}}^p - t_{\text{х}}^3) \cdot 10^3}, \text{ м}^3 \quad (42)$$

де  $K_2 = 5,79 U^{-0,09}$  - коефіцієнт годинної нерівномірності споживання гарячої води в селищі;

$U$  - населення селища, чол.;

$$U = n \cdot N = 50 \cdot 6 = 300 \text{ людин}$$

$$K_2 = 5,79 \cdot 300^{0,09} = 3,46 \quad (43)$$

$$\Pi = 3,46^{1,38} \cdot \frac{74 \cdot 10^3 \cdot 0,86}{(45 - 5) \cdot 10^3} = 8,82 \text{ м}^3 \quad (44)$$

з урахуванням запасу в 20% :  $\Pi_k = 10,58 \text{ м}^3$

## 8.2. Конструктивне виконання баків-акумуляторів

Проектуємо акумуляційну установку поза приміщенням ГеоТПС, на обгородженій і упорядженій площадці, у складі 2-х кульових ємностей діаметром.

$$D_{ш} = 1,24 \cdot \sqrt[3]{\frac{\Pi_k}{2}} = 1,24 \cdot \sqrt[3]{\frac{10,6}{2}} = 2,16 \text{ м} \quad (45)$$

Баки-акумулятори покриваються тепловою ізоляцією з мінерало-ватних матів по металевій сітці й покриваються алюмінієвими аркушами як захисний екран. Товщина основного шару ізоляції:

$$\delta_{из} = \lambda_{из} \cdot \left( \frac{t_r^p - t_{н.о}}{q_n} - \frac{1}{\alpha_n} \right), \text{ м} \quad (46)$$

де  $\lambda_{из}$  - коефіцієнт теплопровідності теплоізоляційного матеріалу; для мінераловатних матів  $\lambda_{из} = 0,057 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ;

$q_n$  - нормативний тепловий потік втрат,  $q_n = 40 \text{ Вт/м}^2$ ;

$\alpha_n$  - коефіцієнт тепловіддачі з поверхні ізоляції. Для поверхонь, розташованих на відкритому повітрі  $\alpha = 20 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$

$$\delta_{из} = 0,057 \cdot \left( \frac{45 + 15}{40} - \frac{1}{20} \right) = 0,082 \text{ м} = 82 \text{ мм} \quad (47)$$

## 9. Основні параметри геоциркуляційної системи

Для економічної оцінки доцільності використання геотермальної теплоти необхідно визначити необхідну глибину закладення робочої зони ПТК.

За значенням  $\tau_1$  може бути визначена необхідна глибина закладення робочої зони ПТК:

$$H = 1,2 \cdot \frac{\Gamma \cdot G_r}{\tau_1 - \theta} - \sqrt{1,45 \cdot \frac{\Gamma^2 \cdot G_r^2}{(\tau_1 - \theta)^2} - 2,4 \cdot G_r} \quad (48)$$

де:  $\tau_1$  – температура на ізливі свердловини, початкова температура системи теплопостачання, °С

$\Gamma$  – геотермический градієнт, °С/км

$H$  - глибина закладення робочої зони ПТК, км

$G_r$  – циркуляційна витрата геотермального теплоносія, кг/с

$$H = 1,2 \cdot \frac{54 \cdot 3,883}{60 - 10} - \sqrt{1,45 \cdot \frac{54^2 \cdot 3,883^2}{(60 - 10)^2} - 2,4 \cdot 3,883} = 1,0 \text{ км}$$

9.2. Температура геотермального теплоносія в робочій зоні геокотла

$$t_3 = 10 + 54 \cdot (1 - 0,015) = 63,2 \text{ °С}$$

## 10. Розрахунок витиснення з енергобалансу органічного палива

10.1. Річний виробіток теплоти ГеоТПС, витягнутої із земних надр:

10.1.1. На мету опалення

Середній за опалювальний сезон тепловий потік опалення

$$Q_o^{cp} = \varphi_o^{cp} \cdot Q_o^p = \frac{t_B^p - t_o^{cp}}{t_B^p - t_{h,o}} \cdot Q_o^p = \frac{18 - 2,2}{18 - (-15)} \cdot 370 = 177 \text{ кВт} \quad (49)$$

Річне теплоспоживання опалювальними системами.

$$\Phi_o^r = Q_o^{cp} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot Z_o, \text{кДж} \quad (50)$$

$$\Phi_o^r = 177 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 153 = 2,34 \cdot 10^9 \text{ кДж} = 2,34 \cdot 10^6 \text{ МДж}$$

10.1.2 На мету гарячого водопостачання.

За опалювальний сезон.

$$\Phi_3^r = Q_3^c \cdot 24 \cdot 3600 \cdot Z_o, \text{кДж} \quad (51)$$

$$\Phi_3^r = 74 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 153 = 9,78 \cdot 10^8 \text{ кДж} = 9,78 \cdot 10^5 \text{ МДж}$$



За межотопального сезону.

$$\Phi_{\Gamma}^{\text{л}} = \frac{t_{\Gamma}^{\text{п}} - t_{\text{х}}^{\text{л}}}{t_{\Gamma}^{\text{п}} - t_{\text{х}}^{\text{з}}} \cdot Q_{\Gamma}^{\text{с}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot (365 - Z_{\text{о}}) = \text{кДж} \quad (52)$$

$$\Phi_{\Gamma}^{\text{л}} = \frac{45 - 15}{45 - 5} \cdot 74 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot (365 - 153) = 1,016 \cdot 10^9 \text{ кДж} = 1,016 \cdot 10^6 \text{ МДж}$$

10.1.3. Загальний виробіток теплоти.

$$\Phi^{\Gamma} = \Phi_{\text{о}}^{\Gamma} + \Phi_{\Gamma}^{\text{з}} + \Phi_{\Gamma}^{\text{л}}, \text{ МДж}$$

$$\Phi^{\Gamma} = 2,34 \cdot 10^6 + 9,78 \cdot 10^5 + 1,02 \cdot 10^6 = 4,33 \cdot 10^6 \text{ МДж}$$

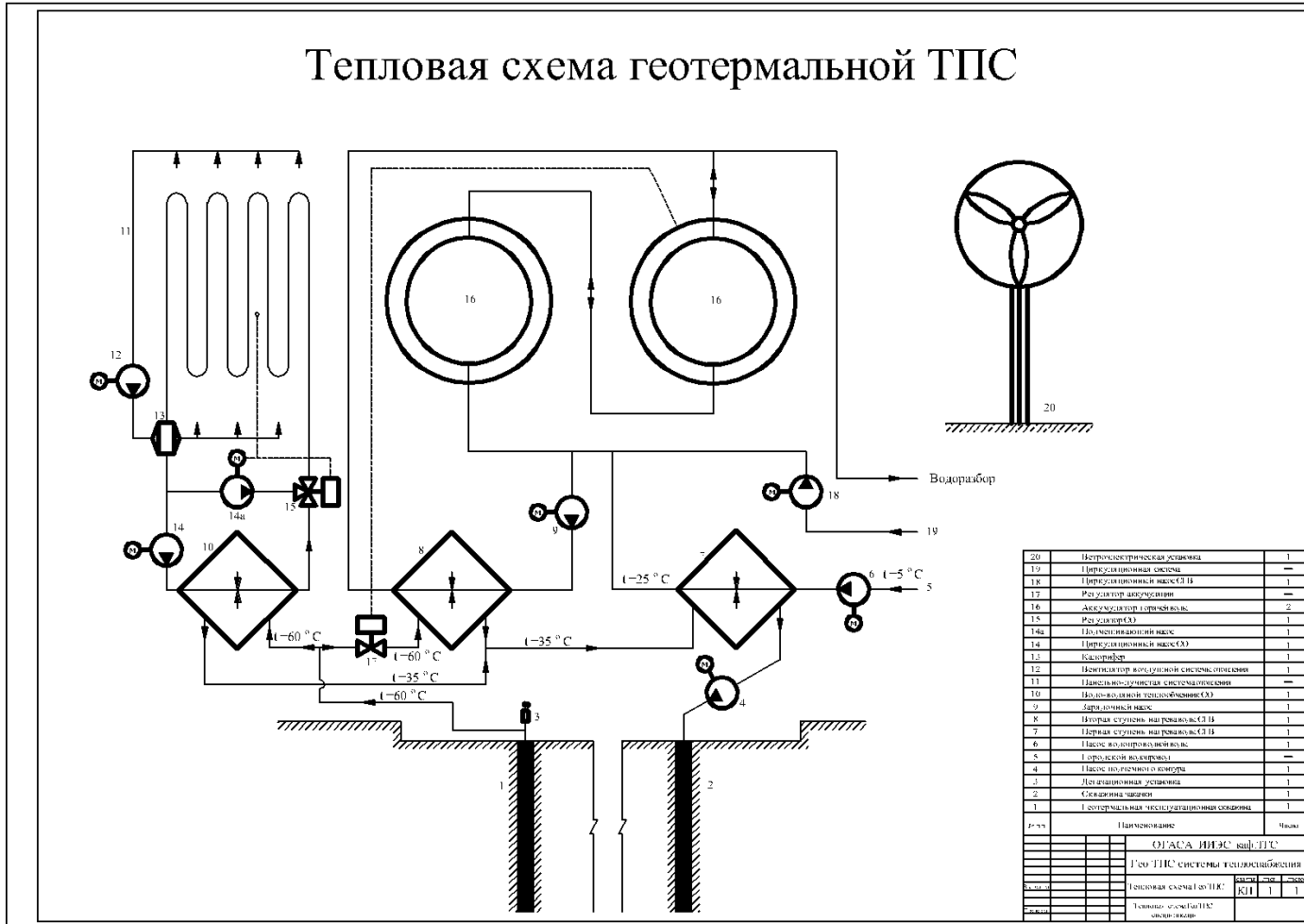
10.2. Витиснення з енергобалансу органічного палива, у тоннах умовного палива в рік.

$$B^{\Gamma} = \frac{\Phi^{\Gamma}}{Q_{\text{у.т}} \cdot \eta_{\text{кв}} \cdot \eta_{\text{тс}}}, \text{ тонн у.п.} \quad (53)$$

$$B^{\Gamma} = \frac{4,33 \cdot 10^6}{29,33 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1000} = 205 \text{ т. у. п.}$$

# Додатки

## Тепловая схема геотермальной ТЭС



Рекомендуємо розташування фрагментів

## ВИХІДНІ ДАНІ

Район будівництва	Число будов	Опалювальна площа, $F_{оп}$ , $m^2$	Геотермальний градієнт, $K/км$	ЗОНА	$t_{но}, ^\circ C$	$Z_0$ , днів	$q_0$ , $Вт/м^2$	$t_{ср}, ^\circ C$	N, чол
1.Одеса	50	120	44	III	-18	165	81	1	6
2.Керчь	40	100	54	IV	-15	153	74	2,2	5
3.Очаків	35	110	44	III	-19	168	81	0,4	6
4.Скадовск	50	110	46	III	-18	168	81	0	6
5.Джанкой	55	110	45	III	-17	160	81	1,5	6
6.Феодосія	55	105	51	IV	-15	153	74	2,2	5
7.Геническ	55	110	48	III	-19	168	81	0	6
8.Черноморск	60	115	42	III	-18	165	81	1	6
9.Евпатория	30	100	45	IV	-15	140	74	2,2	5
10.Пмт Веселовське	50	110	55	III	-16	158	81	1,9	7

## ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-39 Теплові мережі:2008.,- Київ, Мінрегіонбуд Україна, 2009.
2. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія.
3. ДСТУ Б В.2.5-33:2007 Поквартирне тепlopостачання житлових будинків з теплогенераторами на газовому паливі із закритою камерою згоряння з колективними димоходами і димохідними системами
4. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети – М.: Издательский дом МЭИ, 2009.- 472 с.
5. Пырков В.В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование. – К.:ІІ ДП "Такі справи", 2007.- 252 с
6. Геотермальное теплоснабжение / А.Г.Гаджиев и др. - М.: Энергоатомиздат, 1984, с. 120 (Библиотека теплотехника)
7. Водяные тепловые сети: справочное пособие по проектированию. Под ред. Н.К.Громова. - М.: Энергоатомиздат, 1988, стр. 307, 315 - 317.
8. Загребин В.А. Расчет водяных пластинчатых теплообменников. "Водоснабжение и санитарная техника", 1985, №2, с. 13-14.
9. Полуниин М.М., Элькин Ю.Г., Димитрова Ж.В. Методические указания по выполнению курсового проекта " Теплоснабжение объектов с использованием газового топлива " - Одесса, ОГАСА, 2008, с. 31.