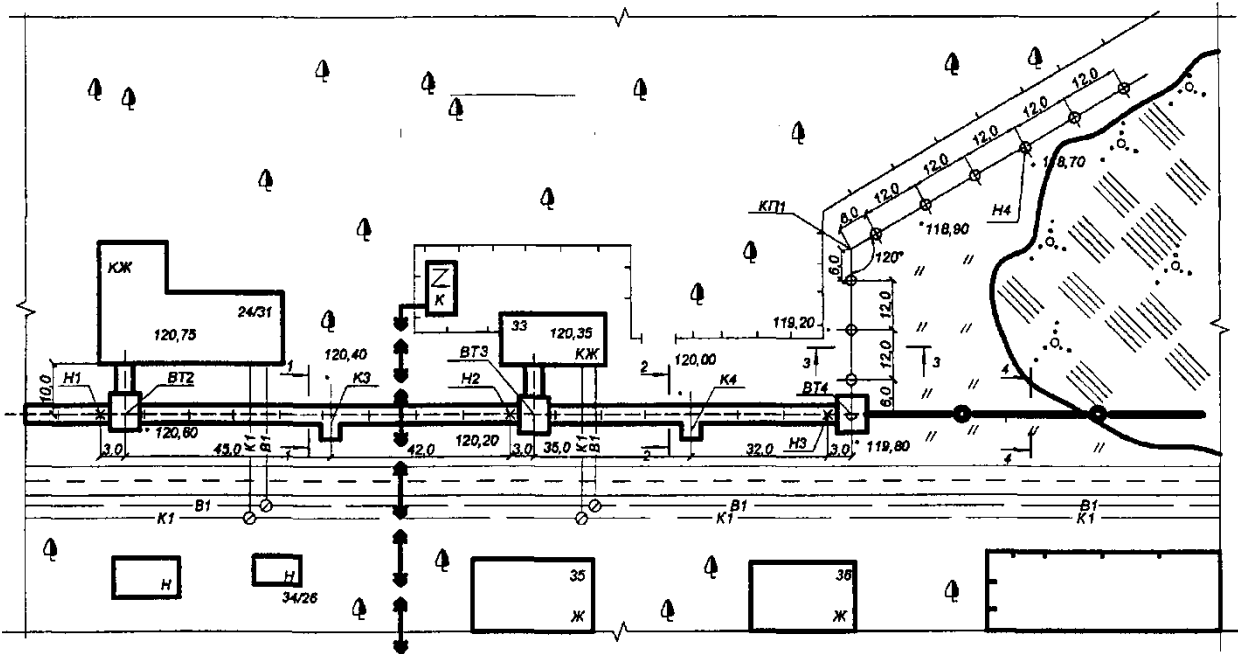


О. Д. Панкевич, О. І. Ободяньська, О. В. Титко

# ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ



Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

О. Д. Панкевич, О. І. Ободянська, О. В. Титко

# ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

**Навчальний посібник**

Вінниця  
ВНТУ  
2021

УДК 697.34 (075.8)

П16

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 5 від 23.12.2019 р.)

*Рецензенти:*

**К. М. Предун**, кандидат технічних наук, професор

**А. С. Моргун**, доктор технічних наук, професор

**Н. М. Слободян**, кандидат технічних наук, доцент

**Панкевич, О. Д.**

П16 Теплопостачання : навчальний посібник / О. Д. Панкевич, О. І. Ободянська, **О. В. Титко**. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 85 с.

ISBN 978-966-641-842-8

Навчальний посібник розроблений для вивчення дисципліни «Теплопостачання» та засвоєння теоретичних і практичних завдань з експлуатації систем теплопостачання в сучасних умовах, з урахуванням інноваційних технологій, проектування та реконструкції теплових мереж. В навчальному посібнику наведено методи розрахунку та основні формули, а також приклади розв'язання найбільш типових задач. Призначений для студентів будівельних спеціальностей, рекомендується для самостійного та дистанційного навчання студентів.

**УДК 697.34 (075.8)**

**ISBN 978-966-641-842-8**

© ВНТУ, 2021

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕПЛОФІКАЦІЇ.....	5
2. ТЕПЛОВЕ СПОЖИВАННЯ .....	17
3. СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ .....	30
4. РЕЖИМИ РЕГУЛЮВАННЯ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....	35
5. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ.....	48
6. СКЛАД ПРОЕКТНОЇ І РОБОЧОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ (ТЕПЛОМЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ).....	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	84

## ВСТУП

Теплопостачання – галузь народного господарства, що є невід’ємною частиною сучасного житлово-комунального господарства, яка вирішує питання забезпечення теплом населення міст та теплопостачання промислових комплексів. В даний час важко уявити сучасне місто без функціонування повноцінної системи теплопостачання.

Під сучасною системою теплопостачання розуміють джерела теплоти та теплові мережі, що забезпечують транспортування теплової енергії у вигляді гарячої води або пари до споживачів тепла.

Навчальний посібник розроблений для вивчення дисципліни «Теплопостачання» для засвоєння теоретичних і практичних завдань з експлуатації систем теплопостачання в сучасних умовах, з урахуванням інноваційних технологій, проектування та реконструкції теплових мереж.

Посібник містить детальні відповіді на ключові питання щодо типових технічних рішень. Матеріал навчального посібника спрямований на підготовку фахівця, який знатиме методи формування технічних рішень (що забезпечують енергозбереження) при проектуванні систем теплопостачання.

В 1–5 розділах навчального посібника наведено методи розрахунку та основні формули, а також приклади розв’язання найбільш типових задач, що стосуються системи теплопостачання. В шостому розділі визначено склад і зміст теплотехнічної документації та порядок її оформлення, наведені приклади теплотехнічних креслеників.

# 1 ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕПЛОФІКАЦІЇ

**Теплофікація** – це централізоване теплопостачання на базі комбінованого виробництва електроенергії і тепла на тепло-електроцентралях. Термодинамічна ефективність виробництва електроенергії в циклі теплофікації обумовлена, як правило, унеможливленням відведення тепла в довкілля, неминучого при виробництві електроенергії за конденсаційним циклом. Завдяки цьому істотно (на 40–50%) знижується питома витрата палива на вироблення електроенергії.

**Паливо умовне** – це одиниця обліку органічного палива, вживана для зіставлення ефективності різних видів палива і сумарного їх обліку. За одиницю умовного палива приймається 1 кг палива з теплою згоряння 7000 ккал/кг (29,3 Мдж/кг).

Витрата умовного палива на вироблення теплоти на ТЕЦ чи в районній котельні, кг

$$B_T = b_T^T Q, \quad (1.1)$$

де  $Q$  – кількість відпущеної споживачам теплоти, ГДж;

$b_T^T$  – питома витрата умовного палива на вироблення теплоти, кг/ГДж.

Питома витрата умовного палива на вироблення теплоти на ТЕЦ або в районній котельні без урахування втрат теплоти у внутрішніх комунікаціях, кг/ГДж

$$b_T^T = \frac{10^6}{29300\eta_k} = \frac{34,1}{\eta_k}, \quad (1.2)$$

де  $\eta_k$  – ККД котельні ТЕЦ або районної котельні.

Витрата умовного палива на вироблення електричної енергії за теплофікаційним  $B_{T,E}$  і конденсаційним  $B_{P,E}$  циклами, кг

$$B_{T,E} = b_T^E E_T = b_T^E E_T Q_T, \quad (1.3)$$

$$B_{P,E} = b_K^E E_K, \quad (1.4)$$

де  $b_T^E$  і  $b_K^E$  – питомі витрати умовного палива на вироблення електричної енергії за теплофікаційним і конденсаційним циклами, кг/(кВт·год);

$E_T$  і  $E_K$  – вироблення електричної енергії за теплофікаційним (на тепловому споживанні) і конденсаційному циклами, кВт·год;

$E_T$  – комбіноване вироблення електричної енергії на тепловому споживанні, кВт·год/ГДж;

$Q_T$  – кількість теплоти, відпущеної з відбору турбін на зовнішні теплові потреби, ГДж.

Питоме комбіноване вироблення електричної енергії на тепловому споживанні, кВт·год/ГДж

$$E_T = E_0 + E_{B,T} = E_0(1 + e_T) = \frac{278H_T\eta_0 l\eta_{em}(1 + e_T)}{h_T - h_{K,T}}, \quad (1.5)$$

де  $E_0$  і  $E_{B,T}$  – питоме комбіноване вироблення електричної енергії на базі зовнішнього і внутрішнього (за рахунок регенеративного підігріву конденсату теплофікаційної установки) теплового споживання, кВт·год/ГДж;

$E_T = \frac{E_{B,T}}{E_0}$  – відносне вироблення електричної енергії за рахунок регенеративного підігріву конденсату;

$H_T$  – ізотропний перепад пари в турбіні від початкових параметрів до тиску у відборі, кДж/кг;

$h_T, h_{K,T}$  – ентальпія пари у відборі турбіни і конденсату цієї пари, кДж/кг;

$\eta_{em} = \eta_T \cdot \eta_G$  – внутрішній відносний ККД турбіни;

$\eta_T$  і  $\eta_G$  – механічний ККД турбіни і ККД генератора.

Відносне вироблення електричної енергії за рахунок регенеративного підігріву конденсату визначається за формулою Е. Я. Соколова [1]

$$e_T = \frac{H_p(h_{n.в.} - h_{к.м.})}{H_T(h_p - h_{n.в.})}, \quad (1.6)$$

де  $h_p$  – ентальпія пари умовного регенеративного відбору, кДж/кг;

$h_{n.в.}$  і  $h_{к.м.}$  – відповідно, ентальпія живильної води і конденсату пари з відбирання, кДж/кг;

$H_p$  – ізоентропічний перепад для потоку пари умовного регенеративного відбору, кДж/кг;

$H_T$  – ізоентропічний перепад для потоку пари, що надходить у відбір турбіни, кДж/кг.

Для розрахунку показників паротурбінних установок з проміжним перегрівом пари у формули (1.5) і (1.6) потрібно підставляти суму

На планах та розрізах кресленника розташування трубопроводів наносять та вказують:

- координатні осі будівлі (споруди) та відстані між ними;
- обладнання, установки (блоки) і будівельні конструкції;
- позначки чистих підлог поверхів та основних майданчиків;
- розмірні прив'язки обладнання, установок (блоків), трубопроводів, опор (кріплень) та компенсаторів до координатних осей або елементів конструкцій будівель (споруд);
- позиційні позначки (марки) обладнання, установок (блоків);
- позиційні позначки арматури, закладних конструкцій, опор (кріплень) трубопроводів та інших пристроїв;
- літерно-цифрові позначки трубопроводів;
- діаметри трубопроводів;
- позначку уклону трубопроводу;
- довжину прямої ділянки трубопроводу за наявності звужувального пристрою. На розрізах, крім того, вказують позначку рівнів осей трубопроводів.

Приклади виконання плану та розрізу кресленника розташування трубопроводів наведені на рисунку 6.8.

Відомість специфікацій згідно з [4] у складі загальних даних за робочими креслениками марки ТМ не виконують. У загальних вказівках, які входять до складу загальних даних за робочими креслениками марки ТМ, у доповненнях до відомостей, що передбачені [4], наводять:

- характеристики установок (блоків);
- розрахункові параметри зовнішнього повітря;
- дані про середовище, що транспортується (найменування, витрати, параметри);
- вид палива;
- вимоги до виготовлення, монтажу, випробування, антикорозійного захисту та теплової ізоляції трубопроводів, повітроводів та газоходів;
- особливі вимоги до установок (вибухобезпечність, кислотостійкість тощо).



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сафонов А. П. Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям: учеб. пособ. для вузов / А. П. Сафонов. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 232 с.
2. Теплові мережі: ДБН В.2.5-39:2008. – [Чинний від 2009-01-07].– К. : Мінрегіонбуд України, – Київ, 2009.
3. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей : справочник / [Манюк В. И., Каплинский Я. И., Хиж Э. Б. и др.]. ; изд. 3-е переработ. и доп. – М. : Стройиздат, 1988.
4. Основні вимоги до проектної та робочої документації. ДСТУ Б А. 2.4 – 4: 2009. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 74 с.
5. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. – [Чинний від 2011–11–1].– К. : Мінрегіонбуд України, – Київ, 2011.
6. Правила виконання ескізних креслень загальних видів нетипових виробів. ДСТУ Б А. 2.4 – 11 – 95. – Київ : Держбуд України, 1996. – 14 с.
7. Правила виконання специфікації обладнання, виробів і матеріалів. ДСТУ Б А.2.4 – 10:2009. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 5 с.
8. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі: ДБН В.2.5-39:2008. – [Чинний від 2008–10–1].– К. : Мінрегіонбуд України, – Київ, 2018.
9. Єнін П. М. Теплопостачання (частина 1 «Теплові мережі та споруди») : навчальний посібник / П. М. Єнін, Н. А. Швачко. – К. : Кондор, 2007. – 244 с.
10. Алексахін О. О. Теплові розрахунки мікрорайонних систем теплопостачання монографія / О. О. Алексахін; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. : ХНАМГ, 2010. – 138 с. ISBN 978-966-695-172-7
11. Степанова Н. Д. Теплові мережі : навчальний посібник. / Н. Д. Степанова, Д. В. Степанов. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 135 с.
12. Мережі теплові (тепломеханічна частина). Робочі креслення. ДСТУ Б А. 2. 4 – 28: 2008.– Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. – 13 с.
13. Правила виконання робочої документації теплової ізоляції обладнання і трубопроводів. ДСТУ Б А. 2. 4 – 9:2009. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 12 с.
14. Правила виконання робочої документації тепломеханічних рішень котельнь. ДСТУ Б В.2.4 – 12:2009. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 16 с.
15. Слободян Н. М. Організація та технологія проектування систем теплогазопостачання та вентиляції / Н. М. Слободян, О. Д. Панкевич, О. І. Ободянська. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 102 с.

*Навчальне видання*

**Панкевич Ольга Дмитрівна**

**Ободянська Ольга Ігорівна**

**Титко Олег Васильович**

## **ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ**

Навчальний посібник

Рукопис оформлено *О. Ободянською*

Редактор *В. Дружиніна*

Оригінал-макет виготовлено *Т. Крикливою*

Підписано до друку 14.04.2021.  
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman.  
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 5,1.  
Наклад 50 (1-й запуск 1–21) пр. Зам. № 2021-032.

Видавець та виготовлювач  
інформаційний редакційно-видавничий центр.  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Хмельницьке шосе, 95,  
м. Вінниця, 21021.  
Тел. (0432) 65-18-06.  
**press.vntu.edu.ua;**  
*E-mail: kivc.vntu@gmail.com.*  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.