



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

Національний університет водного господарства та  
природокористування

Кафедра теплоенергетики та машинознавства

**034-131**

## **Методичні вказівки**

до виконання практичних робіт з дисципліни  
**„Новітні технології в енергетиці”**  
для студентів напрямку 6.050601.  
**„Теплоенергетика”** денної форми навчання .  
Частина перша.

Рекомендовано до друку  
методичною комісією за  
напрямом підготовки 6.0905  
Протокол № 5 від 27 січня 2010р.

Рівне –2010р.



Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни „*Новітні технології в енергетиці*” для студентів напрямку 6.050601. „Теплоенергетика” денної форми навчання. Денісов А.К.ст. викладач, Денісов С.А.інженер, Смалько М.А. доцент–Рівне - НУВГП, 2010. - 29 с.

Упорядники;

Денісов А.К., ст. викладач, Денісов С.А. інженер, Смалько М.А. доцент.

Відповідальний за випуск; В. І. Лозбін, д.т.н, завідувач кафедри теплоенергетики та машинознавства.



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

© Денісов А.К. Денісов С.А.  
Смалько М.А., 2010.

© Національний університет  
водного господарства та  
природокористування, 2010



## Зміст

1. Передмова . . . . . стор 4.
2. Теоретичні відомості . . . . . стор 5-14.
4. Завдання . . . . . стор 15-23
5. Додатки № 1-6. . . . . стор 24-28.
6. Література . . . . . стор 29.



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування



## *Передмова.*

Для успішної інтеграції української економіки в СОТ і європейське товариство, та завершення економічних реформ в країні, одним з важливих завдань - є підготовка спеціалістів-енергетиків, що володіють не тільки теоретичними знаннями, але і навичками вирішення практичних задач. Такими завданнями є: вміння провести аналіз кількісних і якісних показників ефективності використання енергоресурсів, складання енергетичних балансів технологічних установок, цехів і підприємств, оцінка потенціалу енергозбереження, розрахунок ефективності від впровадження енергозберігаючих заходів, що проводяться в рамках енергетичних обстежень.

Методичні вказівки передбачають засвоєння та вирішення практичних завдань пов'язаних з ефективним використанням енергоресурсів при проектуванні та експлуатації енергетичного обладнання промислових підприємств

Перед завданнями для самостійного вирішення наведені теоретичні пояснення і приклади, в яких розібрано рішення аналогічних задач. В тому випадку, якщо завдання не мають аналога серед приведених прикладів, студентам необхідно використовувати матеріал лекцій або літературні джерела, посилання на які приведені в кінці книги.

**Завдання визначаються викладачем, а варіант завдання - по другій цифрі залікової книжки студента .**



## Теоретичні відомості

### *Частина 1. Поняття умовного палива, первинного умовного палива.*

Різні види органічного палива, використовувани для енергозабезпечення споживачів, при спалюванні одиниці об'єму або маси виділяють різну кількість теплоти. Кількість теплоти, що виділяється при повному згоранні 1 кг твердого або рідкого палива або 1 м<sup>3</sup> газоподібного палива, називають теплотою згорання палива або теплотворною здатністю палива. Для порівняння енергетичної цінності різних видів палива і їх сумарного обліку введено поняття умовного палива. Як одиниця умовного палива приймається паливо, яке має нижчу теплоту згорання, рівну 7000 ккал/кг (29,33 МДж/кг). Знаючи теплотворну здатність будь-якого виду палива, можна визначити його еквівалент в умовному паливі

$$B_{yi} = B_{ni} \frac{Q_{ni}^p}{7000} \quad (1.1)$$

де  $B_{yi}$ , - витрата і-го виду палива в умовному паливі,  $B_{ni}$ ,  $Q_{ni}^p$  - витрата і теплотворна здатність (ккал/кг) - і-го виду палива в натуральних одиницях. Для прямого і зворотного перерахунку одиниць кількості енергії можна використовувати діаграму (див. додаток 1). При складанні діаграми для перерахунку одиниць споживання електричної енергії використані теоретичний еквівалент 0,123 кг.у.п./кВт-год (коефіцієнт над лінією) і середньої по країні питомої витрати умовного палива на вироблення електроенергії 0,320 кг.у.п. /кВт-год. На діаграмі прийняті величини теплотворної здатності природного газу  $Q_{н}^p=7950$  ккал/м<sup>3</sup>, мазуту  $Q_{н}^p=9500$  ккал/кг. При використанні поняття умовного палива не враховують витрати енергії на видобування палива, його транспортування споживачу, підготовку та переробку. При аналізі енергоспоживання ці витрати дозволяють врахувати введення іншої одиниці - однієї тонни первинного умовного палива. Коефіцієнти перерахунку спожитого котельно-пічного палива в первинне складають для 1 т органічного палива: мазуту - 1,107; газу - 1,167; енергетичного вугілля - 1,065 т .у. п.



## Приклади рішення задач

### Приклад 1.1

Промислове підприємство протягом року споживає:

природного газу  $Gr = 20 \cdot 10^6 \text{ нм}^3$  ( $Q_{нГ}^p = 7950 \text{ ккал/нм}^3$ ),

мазуту  $M = 1,2 \cdot 10^6 \text{ т}$  ( $Q_{нМ}^p = 10000 \text{ ккал/кг}$ ),

вугілля  $V = 9 \cdot 10^4 \text{ т}$  ( $Q_{нУ}^p = 4500 \text{ ккал/кг}$ ).

Визначити потреби підприємства в первинному паливі.

### Рішення

Для визначення витрати енергії в первинному умовному паливі слід перевести витрати палива з натуральних одиниць в умовне паливо.

$$B_{\Sigma} = G_{Г} \frac{Q_{нГ}^p}{7000} + M \frac{Q_{нМ}^p}{7000} + V \frac{Q_{нУ}^p}{7000} = \frac{20 \cdot 10^6 \cdot 7950}{7000} + \frac{1,2 \cdot 10^6 \cdot 10000}{7000} + \frac{90 \cdot 10^6 \cdot 4500}{7000} =$$
$$22,7 \cdot 10^6 + 1,71 \cdot 10^6 + 57,85 \cdot 10^6 = 82,3 \cdot 10^6 \text{ кг у. п.}$$

Використовуючи коефіцієнти перерахунку умовного палива в первинне умовне паливо, одержимо:

$$B_{\Sigma}^{ПТ} = 22,7 \cdot 10^6 \cdot 1,167 + 1,71 \cdot 10^6 \cdot 1,107 + 57,85 \cdot 10^6 \cdot 1,065 =$$
$$26,5 \cdot 10^6 + 1,9 \cdot 10^6 + 61,6 \cdot 10^6 = 90 \cdot 10^6 \text{ кг у. п.}$$

### Приклад 1.2

Підприємство на технологію і вироблення теплової і електричної енергії на власній ТЕЦ використовує мазут з  $Q_{н}^p = 12100 \text{ ккал/кг}$ . Додаткове споживання електроенергії підприємством складає  $\epsilon_{АО} = 80 \text{ млн. кВт, год/ рік}$ . Споживання мазуту на технологію складає  $M = 400 \text{ т/год}$ . ТЕЦ виробляє  $Q = 50 \cdot 10^6 \text{ Гкал/рік}$  теплової енергії з питомою витратою умовного палива  $v_{ТТ} = 160 \text{ кг.у.п/Гкал}$  і  $\epsilon = 20 \cdot 10^6 \text{ кВт, год/рік}$  з питомою витратою умовного палива  $v_{\epsilon} = 320 \text{ г. у. п./ кВт, год}$ .

Визначити річне споживання підприємством енергії в умовному паливі.

### Рішення

Річне споживання енергії:

$$B_{У} = B_{Т} + B_{ТЭ} + B_{\epsilon\epsilon} + B_{АО}$$



де  $B_T$  - витрата умовного палива на технологію, т.у.т/год;

$B_{TE}$  - витрата умовного палива на виробництво теплової енергії, т.у.п./ рік;

$B_{EE}$  - витрата умовного палива на виробництво електричної енергії, т.у.п./ рік;

$B_{AO}$  - споживання електроенергії з енергосистеми, т.у.п./ рік.

Річне споживання мазуту в умовному паливі на технологію:

$$B_T = M \frac{Q_n^p}{7000} = \frac{400 \cdot 12100}{7000} = 691,4 \text{ т.у.п. / рік}$$

Річне споживання енергії в умовному паливі на вироблення теплової енергії:

$$B_{TЭ} = Q \cdot v_{mm} = 50 \cdot 10^6 \cdot 160 = 8 \cdot 10^6 \text{ кг.у.п./рік.}$$

Річне споживання енергії в умовному паливі на вироблення електроенергії на власній ТЕЦ:

$$B_{EE} = \epsilon_{ec} = 20 \cdot 10^6 \cdot 0,32 = 6,4 \cdot 10^6 \text{ кг.у.п./рік}$$

Річне споживання енергії в умовному паливі з енергосистеми:

$$B_{AO} = \epsilon_{AO} v_{em} = 80 \cdot 10^6 \cdot 0,123 = 9,84 \cdot 10^6 \text{ кг.у.п./ рік}$$

де  $B_{ет}$  - теоретичний еквівалент в умовному паливі 1 кВт,год.

Тоді;  $B_m = 691,4 + 8 \cdot 10^3 + 6,4 \cdot 10^3 + 9,84 \cdot 10^3 = 24931,4 \text{ т.у.п./рік}$

### Примітки:

1. При перерахунку витрат теплової і електричної енергії в умовне паливо можна було скористатися діаграмою (додаток 1). Для перерахунку спожитого на технологію мазуту слід використовувати новий коефіцієнт, оскільки на діаграмі мазут має  $= 9500$  ккал/кг.
2. Перерахунок в умовне паливо використаної електроенергії слід здійснювати роздільно, оскільки питома витрата умовного палива на вироблення 1 кВт,год, на ТЕЦ  $v_{ec} = 320$  г.у.п./ кВт,год., а в енергосистемі теоретичний еквівалент  $v_{em} = 123$  г.у.п./ кВт,год.

### Приклад 1.3

Чи підлягає споживач енергоресурсів згідно закону «Про енергозбереження» обов'язковим енергетичним обмеженням, якщо протягом року споживає більше  $6 \cdot 10^6$  кг.у.п:

природного газу -  $G_r = 15 \cdot 10^5 \text{ нм}^3$  ( $Q_n^p = 8100$  ккал/нм<sup>3</sup>);

електроенергії -  $\epsilon = 25 \cdot 10^9$  кВт,год;

теплової енергії -  $Q = 7,5 \cdot 10^3$  Гкал;



вторинних енергоресурсів (горючих) самого підприємства -  
 $G_{\text{BT}} = 15 \cdot 10^3 \text{ т} \text{ (} Q_{\text{H}}^{\text{p}} = 3500 \text{ ккал/кг)}$ .

## Рішення

Сумарне річне споживання в умовному паливі енергії складає:

$$B_{\Sigma} = G_{\text{T}} \frac{Q_{\text{H}}^{\text{p}}}{7000} + \Sigma \mathcal{E}_{\text{ЭТ}} + Q_{\text{BT}} + G_{\text{BT}} \frac{Q_{\text{H}}^{\text{p}}}{7000} = \frac{15 \cdot 10^3 \cdot 8100}{7000} + 25 \cdot 10^3 \cdot 0,123 + 7,5 \cdot 10^3 \cdot 143 + \frac{15 \cdot 10^3 \cdot 3500}{7000} > 6 \cdot 10^6, \text{ кг. у. п. /рік.}$$

$$\text{Однак } B_{\Sigma} - G_{\text{BT}} \frac{Q_{\text{H}}^{\text{p}}}{7000} < 6 \cdot 10^6, \text{ кг.у.п. /рік.}$$

Відповідь на поставлене питання негативна, оскільки згідно закону «Про енергозбереження» обов'язковим енергетичним обстеженням підлягають споживачі ТЭР, що споживають  $6000 \text{ т. у. п. /рік}$ , без врахування споживання власних вторинних енергоресурсів.

## Частина 2. Енергозбереження при розподілу пару та гарячої води.

Заходи щодо енергозбереження при розподіленні і транспортуванні енергоносіїв мають декілька напрямів: зниження прямих витоків пари і води, зниження теплових втрат теплопроводів за рахунок їх ізоляції.

У даних методичних вказівках розглядаються, приклади і завдання, що відносяться до оцінки нераціональних витрат енергії за наявності витоків і неізольованих ділянок теплопроводів.

Нагадаємо деякі розрахункові співвідношення, які використовують при оцінці нераціональних витрат енергії в системах транспортування енергоносіїв (пари, гарячої води).

Кількість тепла ( $Вт$ ;  $ккал/г$ ), що передається в навколишнє середовище нагрітою поверхнею трубопроводу, визначається:

$$Q_{\text{дд}} = \pi \cdot d \cdot \alpha \cdot (t_{\text{сг}} - t_{\text{г}}) \cdot L \quad (3.1)$$

де  $t_{\text{сг}}, t_{\text{г}}$  – середня температура зовнішньої поверхні і навколишнього повітря, °С;

$d, L$  – діаметр і довжина трубопроводу, м;

$\alpha$  – сумарний коефіцієнт тепловіддачі,  $\hat{A} / \hat{i}^2 \cdot \hat{E} (\hat{e} \hat{e} \hat{e} / \hat{i}^2 \cdot \hat{a} \cdot \hat{N})$ .

Для нагрітих плоских поверхонь:





$$Q_{\delta\delta} = \alpha \cdot (t_{\text{сiа}} - t_{\text{г}}) \cdot H \quad (3.2)$$

де  $H$  – площа поверхні,  $\text{м}^2$ .

Сумарний коефіцієнт тепловіддачі враховує тепловіддачу конвекцією  $\alpha_{\text{е}}$  і випромінюванням  $\alpha_{\text{А}}$ . Для розрахунку першого з них використовують залежності типу  $Nu = f(Re, \dots)$  або  $Nu = f(Gr, Pr)$ .

Приблизно для об'єктів, що знаходяться зовні приміщень на відкритому повітрі,  $\alpha_{\text{е}}$  ( $\hat{A}\delta / \text{м}^2 \cdot \hat{E}$ ) можна оцінити:

$$\alpha_{\text{е}} = 10 + 6 \cdot \sqrt{w} \quad (3.3a)$$

де  $w$  – швидкість вітру,  $\text{м/с}$ .

Для трубопроводів діаметром до 2 м, що знаходяться в приміщеннях:

$$\alpha_{\text{е}} = 8,1 + 0,045 \cdot (t_{\text{сiа}} - t_{\text{г}}). \quad (3.3б)$$

Променистий теплообмін між поверхнею технологічного устаткування і навколишнім простором визначається рівнянням

$$\alpha_{\text{А}} = \varepsilon_{\text{г}} \tilde{n}_0 \left[ \frac{\left( \frac{t_{\text{сiа}}}{100} \right)^4 - \left( \frac{t_{\text{г}}}{100} \right)^4}{t_{\text{сiа}} - t_{\text{г}}} \right], \quad (3.4)$$

де  $\varepsilon_{\text{г}}$  – приведена степінь чорноти системи;  $\tilde{n}_0$  – коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла,  $\tilde{n}_0 = 5,7 \hat{A}\delta / \text{м}^2 \cdot \hat{E}^4$ ;  $t_{\text{сiа}}$  і  $t_{\text{г}}$  – абсолютні температури стінок устаткування і навколишніх стін.

Втрати тепла,  $\hat{A}\delta / \text{м}^2 \cdot \hat{E}$ , неізолюваною трубою в ґрунті визначаються за формулою

$$Q_{\text{г}} = \frac{2\pi(t_{\text{сiа}} - t_{\text{а\delta}})\lambda_{\text{а\delta}}}{\ln(2a/r)}, \quad (3.5)$$

де  $\lambda_{\text{а\delta}}$  – коефіцієнт теплопровідності ґрунту,  $\hat{A}\delta / \text{м}^2 \cdot \hat{E}$ , для вологих ґрунтів можна приймати  $\lambda_{\text{а\delta}} = 1,5$ ; для ґрунтів середньої вологості  $\lambda_{\text{а\delta}} = 1,15$  і для сухих ґрунтів  $\lambda_{\text{а\delta}} = 0,5$ ;  $t_{\text{а\delta}}$  – температура ґрунту  $^{\circ}\text{C}$ ;  $r$  – радіус поверхні труби, дотичної з ґрунтом,  $\text{м}$ ;  $a$  – глибина закладення осі теплопроводу від поверхні землі,  $\text{м}$ .

Відомо, що безперервно зволожена за рахунок адсорбції пароподібної вологи з навколишнього середовища ізоляція втрачає в 3–4 рази більше енергії, ніж суха, що має вологоізолюючий шар (додаток 1).

Ізоляція типу мінеральної вати безперервно зволожена потоками води втрачає в навколишній простір енергії більше, ніж



повністю неізольована поверхня, якщо температура поверхні труби більше  $t=100\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

При розрахунку загальної довжини неізольованих труб для визначення втрат тепла важливо включити в розрахунок всі фланці і запірну арматуру. По теплових втратах фланець еквівалентний  $0,8\text{ м}$  труби, а вентиль або засувка еквівалентні  $1\text{ м}$  труби.

Можна вважати (додаток 2,3), що неізольований фланець еквівалентний по величині втрат  $8\text{ метрам}$ , а вентиль або засувка –  $10\text{ метрам}$  ізольованої труби.

Оскільки економія теплової енергії приводить до зменшення фінансових витрат, а ізоляційні роботи до збільшення останніх, то слід для конкретних умов обчислювати оптимальну величину ізоляції трубопроводів.

Для цього розраховують приведені витрати,  $\bar{a}\delta t/i^2$

$$\Pi = C_e + \frac{(t_b - t_{отпер})z_{отпер}24mC_m A \cdot 10^{-6}}{R_0^{пр} E_n}, \quad (3.6)$$

де  $C_e$  – одноразові витрати;  $z_{отпер}$  – тривалість роботи теплопроводу, доба;  $m = 1,05$  коефіцієнт, що враховує інфляцію;  $\bar{N}_s$  – вартість теплової енергії;  $A = 3,6$ , якщо  $грн./ГДж$  і  $A = 0,86$ , якщо  $грн./ГДж$ ;  $R_0^{пр}$  – приведений термічний опір. Одноразові витрати

$$\bar{N}_a = 1,25 \cdot [(\ddot{o} + \dot{o}) \cdot \dot{e} + \bar{N}_i]. \quad (3.7)$$

Тут  $C$  – оптова ціна конструкцій,  $грн./м^2$ ;  $T$  – вартість навантажувально-розвантажувальних робіт;  $\kappa = 1,02$  – коефіцієнт, що враховує складські витрати;  $C_m$  – вартість монтажу.

Для оцінки економії теплової енергії в паропроводах і теплових мережах за рахунок зниження витоків визначають кількість пари, що втрачається, і його ентальпію.

Кількість пари, що потрапляє в навколишнє середовище через нещільність з паропроводів  $G_i$  (кг/г), визначають по формулі

$$G_i = 2,3 \cdot S \cdot \varphi \cdot \sqrt{\rho \cdot P} \quad (3.8)$$

де  $S$  – площа отвору,  $м^2$ ;  $\varphi$  – коефіцієнт витрати пари через нещільність, можна в середньому приймати  $\varphi=0,62$ ;  $\rho$  – густина пари,  $кг/м^3$ ;  $P$  – абсолютний тиск пари в паропроводі,  $МН/м^2$ ; ( $10\text{атм}-1,1\text{МН/м}^2$ )

Витрата пари (кг/г) в атмосферу через повний переріз трубопроводу  $G_n$ , визначають:

$$G_n = 3600 \times S_{np} \times w \times \rho, \quad (3.9)$$



де  $S_{np}$  – площа поперечного перерізу труби,  $m^2$ ;  $w$  – середня швидкість пари,  $m/c$  (зазвичай приймають для перегрітої пари  $w = 50 m/c$ , для насиченої  $w = 40 m/c$ ).

## Приклади рішення завдань

### Приклад 1.

#### Умова

Визначте економію теплової енергії при нанесенні ізоляції на паропровід  $d_v=108 \times 4$  завдовжки  $10 m$ , що працює безперервно протягом року. Температура теплоносія  $t=150 \text{ }^\circ C$ . Паропровід прокладений в приміщенні, в якому температура  $t=+25 \text{ }^\circ C$  і швидкість потоку повітря  $w = 2 m/c$ . Товщина ізоляції забезпечує температуру на її поверхні  $t=35 \text{ }^\circ C$ .

#### Рішення

Для обчислення втрат теплоти неізольованим трубопроводом знаходимо сумарний коефіцієнт тепловіддачі від трубопроводу до зовнішнього повітря:

$$\alpha = 10 + 6 \cdot \sqrt{w} = 10 + 6\sqrt{2} = 18,5 \text{ } \hat{A} \hat{d} / \hat{i}^2 \cdot \hat{E}.$$

Тоді теплові втрати неізольованим теплопроводом складуть:

$$Q_{\text{од}} = \pi \cdot d \cdot \alpha (t_{\text{сг}} - t_{\text{г}}) L = 3,14 \cdot 0,108 \cdot 18,5 \cdot (150 - 25) \cdot 10 = 7842 \text{ } \hat{A} \hat{d}.$$

Аналогічно для ізольованого паропроводу:

$$Q'_{\text{од}} = \pi \cdot d \cdot \alpha (t'_{\text{сг}} - t'_{\text{г}}) L = 3,14 \cdot 0,108 \cdot 18,5 (135 - 25) \cdot 10 = 627 \text{ } \hat{A} \hat{d}$$

Тоді економія тепла за рік складе:

$$\Delta Q = (Q_{\text{од}} - Q'_{\text{од}}) \cdot \tau = (7842 - 627) \cdot 8760 = 63,2 \cdot 10^3 \text{ } \hat{e} \hat{A} \hat{d} \cdot \hat{a}.$$

### Приклад 2.

#### Умова

Порівняйте середньорічне зниження температури пари в кінці паропроводів, прокладених в цеху і поза ним на естакаді і не маючих зовнішнього вологоізолюючого шару ізоляції, при наступних початкових даних. Параметри перегрітої пари на вході в паропровід:  $P_1$  – тиск;  $t_1$  – температура;  $h_1$  – ентальпія;  $v_1$  – питомий об'єм;  $t_{s1}$  – температура насичення;

$c_p$  – питома теплоємність.

$w_{\text{г}}$  – швидкість пари.

Довжина паропроводу:  $l_1$  – довжина паропроводу, прокладеного в цеху;  $l_2$  – довжина паропроводу, прокладеного ззовні цеху на естакаді.

Діаметр паропроводу  $D$ .



Середньорічна кількість опадів  $H_{oc}$ , мм.

Середньорічна швидкість вітру  $w_{\dot{a}}$ .

Середньорічні температури:  $t_m$  – всередині цеху;  $t_{i\dot{a}\delta} = <0^\circ\text{C}$  – поза цехом.

Термічний опір ізоляції  $R_{\dot{z}}$ .

У наближених розрахунках можна приймати температуру стінки усередині паропроводу, рівну температурі пари, а коефіцієнти конвективної тепловіддачі розраховувати по 3.3а, 3.3б

для циліндрових поверхонь діаметром до 2 м, розташованих всередині приміщення  $\alpha_n = 8,1 + 0,045(t_{cm} - t_g)$ ,

де  $t_g$  - температура зовнішньої поверхні ізоляції;

для циліндричних поверхонь діаметром до 2 м, розміщених поза приміщенням

$$\alpha_n = 10 + 6\sqrt{\omega_g}.$$

## Розв'язання

### 1. Розраховуємо паропровід прокладений всередині цеху.

Визначаємо тепловий потік з поверхні паропроводу  $q_1$ . Нехтуємо термічним опором металевої стінки паропроводу

$$q_1 = \frac{(t_1 - t_{cm})}{R_{i3}};$$

$$q_1 = \frac{(t_1 - t_{en})}{R_{i3} + \frac{1}{\alpha_n}};$$

$$\alpha_n = 8,1 + 0,045(t_{cm} - t_{en}).$$

Обраховуючи одночасно приведені вище рівняння, визначаємо  $q_1$  - тепловий потік з 1 м паропроводу.

### 1.2. Визначаємо температуру пари в кінці паропроводу

$$Q_1 = q_1 \cdot F_1;$$

$$F_1 = \pi D l_1,$$

де  $F_1$  - площа поверхні паропроводу;

$$G = \frac{1}{v_1} \omega_{II} \frac{\pi D^2}{4},$$

де  $G$  - витрата пару в паропроводі

$$Q_1 = G C_p (t_1 - t_{вух}).$$



Обраховуючи одночасно останні чотири рівняння, визначаємо  $t_{вих}$  - температура пари на виході із паропроводу.

Отримане значення  $t_{вих}$  порівнюємо з температурою насичення пари  $t_{s1}$  і робимо висновок про можливість конденсації пари.

## 2. Розглядаємо паропровід розміщений поза цехом.

Так як паропровід прокладений поза цехом і не має вологого ізолюючого шару ізоляції, то на його поверхню будуть потрапляти і випаровуватись опади.

### 2.1. Визначаємо кількість опадів, які потрапляють на поверхню паропроводу.

Вважаємо, що опади потрапляють тільки на верхню частину паропроводу, це означає, що площа на яку попадають опади рівна:

$$F_{осад} = D l_2.$$

Об'єм опадів що потрапили на паропровід,

$$V_{осад} = F_{осад} \cdot H_{ос}.$$

Середньорічна швидкість (на  $1 \text{ м}^2$ ) випадання опадів:

$$U_{осад} = \frac{V_{осад} \rho_{вод}}{n 3600 F_{осад}},$$

де  $\rho_{осад}$  - густина води,  $n$  – кількість годин роботи паропроводу в рік.

### 2.2. Визначаємо тепловий потік з поверхні паропроводу $q_2$ .

При середньорічній температурі поза цехом  $t_{нар} < 0^\circ\text{C}$  опади будуть у вигляді снігу.

Тепловий потік з поверхні паропроводу складатиметься з теплового потоку за рахунок конвекції і сублімації

$$q_1 = \frac{(t_1 - t_{нар})}{R_{із} + \frac{1}{\alpha_n}} + U_{осад} r_{субл},$$

де  $r_{субл}$  - теплота сублімації льоду при температурі  $t_{нар}$

$$\alpha_n = 10 + 6\sqrt{\omega_e}.$$

Обраховуючи одночасно останні два рівняння, визначаємо  $q_2$  - тепловий потік з  $1 \text{ м}^2$  паропроводу.

### 2.3. Визначаємо температуру пари в кінці паропроводу

$$Q_2 = q_2 F_2,$$

$$F_2 = \pi D l_2,$$

де  $F_2$  - площа поверхні паропроводу. Витрата пари в паропроводі



$$G = \frac{1}{\vartheta_1} \omega_n \frac{\pi D^2}{4},$$

$$Q_1 = GC_p (t_1 - t_{\text{вих}}).$$

Обраховуючи останні чотири рівняння, визначаємо  $t_{\text{вих}}$  - температуру пари на виході із паропроводу.

Отримане значення  $t_{\text{вих}}$  порівнюємо з температурою насичення пари  $t_{s1}$  і робимо висновок про можливість конденсації пари.

### Приклад 3.

#### Умова

Оцінити годинні витрати насиченої водяної пари через нещільність в паропроводі при тиску  $P_1 = 1,7$  атм, якщо загальна площа отворів  $S = 15 \text{ мм}^2$ .

Розв'язання

Витік пари за 1 годину складає  $G_{\text{п}} = 2,3S\phi\sqrt{\rho P}$ .

При тиску насиченої водяної пари  $P = 1,7$  атм,  $V = 1,07 \text{ м}^3/\text{кг}$  (по таблицям насиченої водяної пари).

Тиск пари в паропроводі  $P = \frac{1,7 \cdot 1,1}{10} = 0,187 \text{ МПа}$ .

Густина пари  $\rho = \frac{1}{V}$ .

Тоді,  $G_{\text{п}} = 2,3 \cdot 15 \cdot 0,67 \sqrt{\frac{1}{1,07} \cdot 0,187} = 9,66 \text{ кг/год}$ .

Невиробничі втрати енергії за рік складають:

$$\Delta Q = G_{\text{п}} h_{\text{п}} \tau = 9,66 \cdot 644,5 \cdot 8760 = 54,5 \cdot 10^6.$$

Втрати пари навіть через невеликі нещільності на протязі року призводять до значних втрат теплової енергії. Наприклад, витік пари і води через отвір діаметром  $1 \text{ мм}$  становлять:

Абсолютний тиск, кгс/см <sup>2</sup>	2	5	7	10	15
Витік пари, кг/год	0,6	1,4	1,9	2,7	4,1
Витік пари, т/год	5	12,2	17	24	35,5
Витік води, кг/год	4,5	7,1	8,4	10	12



## ЗАВДАННЯ

### Завдання 1.1

Зпівставити витрати в натуральних одиницях двох видів палива (газу і мазуту) для ТЕЦ, електрична потужність якої 10 МВт, а тепла, передавана в тепломережу у вигляді гарячої води, 67 ГДж/год.

1.  $\mathcal{E} = 8 \text{ МВт}$        $Q_{\text{тец}} = 55 \text{ ГДж/год.}$
2.  $\mathcal{E} = 8,5 \text{ МВт}$        $Q_{\text{тец}} = 59 \text{ ГДж/год.}$
3.  $\mathcal{E} = 8,7 \text{ МВт}$        $Q_{\text{тец}} = 59 \text{ ГДж/год.}$
4.  $\mathcal{E} = 9,7 \text{ МВт}$        $Q_{\text{тец}} = 60 \text{ ГДж/год.}$
5.  $\mathcal{E} = 9,0 \text{ МВт}$        $Q_{\text{тец}} = 61 \text{ ГДж/год.}$
6.  $\mathcal{E} = 9,76 \text{ МВт}$        $Q_{\text{тец}} = 61 \text{ ГДж/год.}$
7.  $\mathcal{E} = 10,5 \text{ МВт}$        $Q_{\text{тец}} = 67 \text{ ГДж/год.}$
8.  $\mathcal{E} = 10 \text{ МВт}$        $Q_{\text{тец}} = 69 \text{ ГДж/год.}$
9.  $\mathcal{E} = 11 \text{ МВт}$        $Q_{\text{тец}} = 68 \text{ ГДж/год.}$
10.  $\mathcal{E} = 12 \text{ МВт}$        $Q_{\text{тец}} = 76 \text{ ГДж/год.}$

### Завдання 1.2

На підприємстві для потреб ТЕЦ і технології споживається  $V_3 = 500 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{рік}$  природного газу,  $V_{\text{тец}} = 400 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{рік}$  з яких використовується на ТЕЦ для вироблення електроенергії і тепла. Відомо, що на ТЕЦ виробляється  $200 \cdot 10^3 \text{ Гкал/рік}$  при  $v_T = 40,6 \text{ кг.у.п./ГДж}$ . Питома витрата умовного палива  $v_3 = 330 \text{ г. у.п / кВт,год.}$

З енергосистеми підприємство споживає 60 млн. кВт,год./рік.

Визначити кількість електроенергії, що виробляється на ТЕЦ, і загальні витрати енергії на підприємстві в т.у.п.

1.  $V_3 = 370$        $V_{\text{тец}} = 320$
2.  $V_3 = 380$        $V_{\text{тец}} = 325$
3.  $V_3 = 390$        $V_{\text{тец}} = 333$
4.  $V_3 = 400$        $V_{\text{тец}} = 349$
5.  $V_3 = 410$        $V_{\text{тец}} = 358$
6.  $V_3 = 415$        $V_{\text{тец}} = 369$
7.  $V_3 = 425$        $V_{\text{тец}} = 379$
8.  $V_3 = 444$        $V_{\text{тец}} = 390$
9.  $V_3 = 478$        $V_{\text{тец}} = 405$



$$10. B_3 = 499 \quad B_{\text{теп}} = 430$$

### Завдання 1.3

Підприємство запланувало одержати за рік від стороннього джерела 302,75 т.у.п. енергоресурсів. Причому з них 54 % мазуту, 42 % теплової енергії, 4 % природного газу. За підсумками року відхилення від планової витрати склало по мазуту (+40 т), по теплу (+50 ГДж), по газу ( $+0,1 \cdot 10^3 \text{ нм}^3$ ).

Визначити фактичну витрату всіх енергоресурсів, а також річне енергоспоживання підприємством умовного палива.

$$1. B_{\text{заг}} = 290 \text{ т.у.п.} \quad B_1 = 44\% \quad B_2 = 42\% \quad B_3 = 14\%$$

$$2. B_{\text{заг}} = 300 \text{ т.у.п.} \quad B_1 = 44\% \quad B_2 = 42\% \quad B_3 = 14\%$$

$$3. B_{\text{заг}} = 299 \text{ т.у.п.} \quad B_1 = 44\% \quad B_2 = 42\% \quad B_3 = 14\%$$

$$4. B_{\text{заг}} = 340 \text{ т.у.п.} \quad B_1 = 44\% \quad B_2 = 42\% \quad B_3 = 14\%$$

$$5. B_{\text{заг}} = 312 \text{ т.у.п.} \quad B_1 = 44\% \quad B_2 = 42\% \quad B_3 = 14\%$$

$$6. B_{\text{заг}} = 303 \text{ т.у.п.} \quad B_1 = 44\% \quad B_2 = 42\% \quad B_3 = 14\%$$

$$7. B_{\text{заг}} = 310 \text{ т.у.п.} \quad B_1 = 44\% \quad B_2 = 42\% \quad B_3 = 14\%$$

$$8. B_{\text{заг}} = 322 \text{ т.у.п.} \quad B_1 = 44\% \quad B_2 = 42\% \quad B_3 = 14\%$$

$$9. B_{\text{заг}} = 350 \text{ т.у.п.} \quad B_1 = 44\% \quad B_2 = 42\% \quad B_3 = 14\%$$

$$10. B_{\text{заг}} = 364 \text{ т.у.п.} \quad B_1 = 44\% \quad B_2 = 42\% \quad B_3 = 14\%$$

### Завдання 1.6

Підприємство споживає за рік  $121 \cdot 10^3 \text{ нм}^3$  /рік природного газу, 70 млн. кВт·г /рік електричної енергії, 40 тис. Гкал /рік теплової енергії.

Визначити прибуткову частину енергобалансу підприємства і процентну частку кожного енергоносія в ньому.

$$1. B_{\text{Г}} = 116345 \text{ нм}^3 / \text{рік} ; \quad \mathcal{E} = 70 \text{ кВт} \cdot \text{г} / \text{рік} ; \quad Q = 35 \text{ Гкал} / \text{рік} .$$

$$2. B_{\text{Г}} = 126345 \text{ нм}^3 / \text{рік} ; \quad \mathcal{E} = 79 \text{ кВт} \cdot \text{г} / \text{рік} ; \quad Q = 45 \text{ Гкал} / \text{рік} .$$

$$3. B_{\text{Г}} = 134545 \text{ нм}^3 / \text{рік} ; \quad \mathcal{E} = 87 \text{ кВт} \cdot \text{г} / \text{рік} ; \quad Q = 55 \text{ Гкал} / \text{рік} .$$

$$4. B_{\text{Г}} = 123355 \text{ нм}^3 / \text{рік} ; \quad \mathcal{E} = 68 \text{ кВт} \cdot \text{г} / \text{рік} ; \quad Q = 65 \text{ Гкал} / \text{рік} .$$

$$5. B_{\text{Г}} = 132355 \text{ нм}^3 / \text{рік} ; \quad \mathcal{E} = 77 \text{ кВт} \cdot \text{г} / \text{рік} ; \quad Q = 44 \text{ Гкал} / \text{рік} .$$

$$6. B_{\text{Г}} = 124377 \text{ нм}^3 / \text{рік} ; \quad \mathcal{E} = 80 \text{ кВт} \cdot \text{г} / \text{рік} ; \quad Q = 78 \text{ Гкал} / \text{рік} .$$

$$7. B_{\text{Г}} = 134565 \text{ нм}^3 / \text{рік} ; \quad \mathcal{E} = 85 \text{ кВт} \cdot \text{г} / \text{рік} ; \quad Q = 78 \text{ Гкал} / \text{рік} .$$

$$8. B_{\text{Г}} = 123325 \text{ нм}^3 / \text{рік} ; \quad \mathcal{E} = 50 \text{ кВт} \cdot \text{г} / \text{рік} ; \quad Q = 87 \text{ Гкал} / \text{рік} .$$

$$9. B_{\text{Г}} = 176545 \text{ нм}^3 / \text{рік} ; \quad \mathcal{E} = 99 \text{ кВт} \cdot \text{г} / \text{рік} ; \quad Q = 77 \text{ Гкал} / \text{рік} .$$





$$10. V_{\Gamma} = 111225 \text{ м}^3 / \text{рік}; \quad \mathcal{E} = 54 \text{ кВт}\cdot\text{г} / \text{рік}; \quad Q = 35 \text{ Гкал} / \text{рік}.$$

### Завдання 1.7

Підприємство споживає  $40 \cdot 10^6$  тон мазуту в рік. ТЕЦ підприємства, що працює на мазуті, виробляє  $50 \cdot 10^6$  Гкал/рік теплової енергії і  $10 \cdot 10^6$  кВт·год електричної енергії в рік при вказаних на діаграмі (додаток 1) питомих витратах умовного палива. Визначити витрату палива, що використовується на технологічні потреби.

- |                                    |                                      |   |
|------------------------------------|--------------------------------------|---|
| 1. $V_M = 35 \cdot 10^6 \text{ т}$ | $Q = 47 \cdot 10^6 \text{ Гкал/рік}$ | $\mathcal{E} = 8 \cdot 10^6 \text{ кВт}\cdot\text{год}$   |
| 2. $V_M = 36 \cdot 10^6 \text{ т}$ | $Q = 45 \cdot 10^6 \text{ Гкал/рік}$ | $\mathcal{E} = 7.8 \cdot 10^6 \text{ кВт}\cdot\text{год}$ |
| 3. $V_M = 37 \cdot 10^6 \text{ т}$ | $Q = 51 \cdot 10^6 \text{ Гкал/рік}$ | $\mathcal{E} = 9 \cdot 10^6 \text{ кВт}\cdot\text{год}$   |
| 4. $V_M = 38 \cdot 10^6 \text{ т}$ | $Q = 44 \cdot 10^6 \text{ Гкал/рік}$ | $\mathcal{E} = 8.9 \cdot 10^6 \text{ кВт}\cdot\text{год}$ |
| 5. $V_M = 37 \cdot 10^6 \text{ т}$ | $Q = 46 \cdot 10^6 \text{ Гкал/рік}$ | $\mathcal{E} = 10 \cdot 10^6 \text{ кВт}\cdot\text{год}$  |
| 6. $V_M = 45 \cdot 10^6 \text{ т}$ | $Q = 57 \cdot 10^6 \text{ Гкал/рік}$ | $\mathcal{E} = 10 \cdot 10^6 \text{ кВт}\cdot\text{год}$  |
| 7. $V_M = 46 \cdot 10^6 \text{ т}$ | $Q = 46 \cdot 10^6 \text{ Гкал/рік}$ | $\mathcal{E} = 9.0 \cdot 10^6 \text{ кВт}\cdot\text{год}$ |
| 8. $V_M = 39 \cdot 10^6 \text{ т}$ | $Q = 37 \cdot 10^6 \text{ Гкал/рік}$ | $\mathcal{E} = 7 \cdot 10^6 \text{ кВт}\cdot\text{год}$   |
| 9. $V_M = 45 \cdot 10^6 \text{ т}$ | $Q = 44 \cdot 10^6 \text{ Гкал/рік}$ | $\mathcal{E} = 11 \cdot 10^6 \text{ кВт}\cdot\text{год}$  |

### Завдання 1.8

Підприємство споживає в рік 900 тис.  $\text{м}^3$  природного газу, теплотворна здатність якого  $8200 \text{ ккал/м}^3$ , 7 тис. Гкал теплової енергії і 1,5 млн. кВт·год електричної енергії.

Визначити, чи підлягає підприємство обов'язковим енергетичним обмеженням згідно закону «Про енергозбереження».

1.  $V_{\Gamma} = 850$ ;  $\mathcal{E} = 1.17$ ;  $Q = 6.4$
2.  $V_{\Gamma} = 965$ ;  $\mathcal{E} = 1.12$ ;  $Q = 5.6$
3.  $V_{\Gamma} = 760$ ;  $\mathcal{E} = 1.23$ ;  $Q = 6.7$
4.  $V_{\Gamma} = 876$ ;  $\mathcal{E} = 1.34$ ;  $Q = 7.6$ .
5.  $V_{\Gamma} = 674$ ;  $\mathcal{E} = 1.32$ ;  $Q = 6.9$ .
6.  $V_{\Gamma} = 987$ ;  $\mathcal{E} = 1.33$ ;  $Q = 7.8$ .
7.  $V_{\Gamma} = 667$ ;  $\mathcal{E} = 1.43$ ;  $Q = 8.8$ .
8.  $V_{\Gamma} = 567$ ;  $\mathcal{E} = 1.33$ ;  $Q = 8.7$ .
9.  $V_{\Gamma} = 807$ ;  $\mathcal{E} = 1.44$ ;  $Q = 7.7$ .



$$10. B_{\Gamma}=850 ; \quad \Xi=1.14 ; \quad Q=3.5 .$$

### Завдання 1.9

Підприємство споживає з енергосистеми 10 млн. кВт·год в рік електроенергії. Питома витрата умовного палива на вироблення 1 кВт·г в енергосистемі складає  $v_{\text{уп}}=340$  г.у.п /кВт·г.

Визначити витрату природного газу ( $Q_{\text{н}}^{\text{п}} = 7950$  ккал/нм<sup>3</sup>) в енергосистемі на вироблення споживаної підприємством електроенергії і кількість наявної енергії у підприємства, (в умовному паливі).

1.  $\epsilon = 3.9$  кВт·год
2.  $\epsilon = 3,4$  кВт·год
3.  $\epsilon = 3.9$  кВт·год
4.  $\epsilon = 4.95$  кВт·год
5.  $\epsilon = 5.9$  кВт·год
6.  $\epsilon = 6.9$  кВт·год
7.  $\epsilon = 7.9$  кВт·год
8.  $\epsilon = 8.9$  кВт·год
9.  $\epsilon = 9.9$  кВт·год
10.  $\epsilon = 10.9$  кВт·год



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

### Завдання 1.10

Визначити коефіцієнти перерахунку і побудувати діаграму для перерахунку одиниць енергії, аналогічну додатку 1, якщо замість мазуту узяти вугілля з  $Q_{\text{н}}^{\text{п}} = 4400$  ккал/кг; і на діаграмі у вершині, де вказані ГДж розташувати дрова з  $Q_{\text{н}}^{\text{п}} = 2856$  ккал/кг.

1.  $Q_{\text{н}}^{\text{п}} = 3200$  ккал/кг
3.  $Q_{\text{н}}^{\text{п}} = 3850$  ккал/кг
3.  $Q_{\text{н}}^{\text{п}} = 3589$  ккал/кг
4.  $Q_{\text{н}}^{\text{п}} = 3424$  ккал/кг
5.  $Q_{\text{н}}^{\text{п}} = 4150$  ккал/кг
6.  $Q_{\text{н}}^{\text{п}} = 4233$  ккал/кг
7.  $Q_{\text{н}}^{\text{п}} = 4396$  ккал/кг
8.  $Q_{\text{н}}^{\text{п}} = 4334$  ккал/кг
9.  $Q_{\text{н}}^{\text{п}} = 3650$  ккал/кг
10.  $Q_{\text{н}}^{\text{п}} = 4675$  ккал/кг



## Завдання 1.11

Визначити частку кожного із споживаних енергоресурсів в паливно-енергетичному балансі підприємства, (в одиницях умовного палива) якщо відоме річне споживання електроенергії  $\mathcal{E} = 97,5 \cdot 10^6$  кВт·год, природного газу  $G = 1,85 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup>, дизельного палива  $d = 2,6 \cdot 10^6$  л ( $Q^p_n = 6445$  ккал/л), мазуту  $m = 85,8 \cdot 10^6$  кг ( $Q^p_n = 10950$  ккал/кг), зрідженого газу  $g_3 = 0,3 \cdot 10^6$  кг, ( $Q^p_n = 7950$  ккал/кг) коксу  $k = 3 \cdot 10^6$  кг ( $Q^p_n = 11950$  ккал/кг)

1.  $\mathcal{E} = 87$  кВт·год,
2.  $\mathcal{E} = 88$  кВт·год,
3.  $\mathcal{E} = 98$  кВт·год,
4.  $\mathcal{E} = 97,9$  кВт·год,
5.  $\mathcal{E} = 98,8$  кВт·год,
6.  $\mathcal{E} = 88$  кВт·год,
7.  $\mathcal{E} = 88,9$  кВт·год,
8.  $\mathcal{E} = 88,9$  кВт·год,
9.  $\mathcal{E} = 88,9$  кВт·од,
10.  $\mathcal{E} = 88,9$  кВт·год,



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

## Завдання.

### Завдання 2.1

Визначити теплові втрати з  $10$  м<sup>2</sup> неізолюваної плоскої стінки довжиною  $20$  м і з  $10$  м<sup>2</sup> неізолюваної труби діаметром  $100$  мм, якщо температура теплоносія  $t = 170$  °С, температура повітря  $t = +20$  °С і швидкість вітру  $\omega = 3$  м/сек (пластина і труба омиваються повітрям в повздовжньому напрямку). Ступінь чорноти поверхні стінки і труби прийняти рівною  $0,8$ .

**L=29м.п.**

**L=25м.п.**

**L=39м.п.**

**L=33м.п.**

**L=42м.п.**

**L=22м.п.**

**L=55м.п.**

**L=41м.п.**



**L=63м.п.**

**L=19м.п.**

**L=26м.п.**

### **Завдання 2.2**

Порівняти річні втрати тепла при відсутності теплової ізоляції парового колектора діаметром  $340$  мм і довжиною  $3$  м, якщо він знаходиться: а) в приміщенні з температурою повітря  $t=+23^{\circ}\text{C}$ ; б) на відкритому повітрі при зовнішній температурі  $t=+23^{\circ}\text{C}$  і швидкістю вітру  $\omega=1\text{м/сек}$ . Температура пари  $t=190^{\circ}\text{C}$ . Число годин роботи  $\tau = 8500$ .

**L=9м.п.**

**L=2м.п.**

**L=9м.п.**

**L=3.3м.п.**

**L=4м.п.**

**L=2м.п.**

**L=5м.п.**

**L=4м.п.**

**L=6м.п.**

**L=1.9м.п.**

**L=2.6м.п.**

### **Завдання 2.3**

Визначити часовий витік пари через отвір в межах  $d=0,3+5,0$  мм при тиску в паропроводах  $P=1,5-5,0$  кгс/см<sup>2</sup>. Визначите річну економію теплової енергії від ізоляції збірки конденсату. Температура конденсату  $t_k = 95^{\circ}\text{C}$ . Температура на поверхні ізоляції  $t_{is} = 33^{\circ}\text{C}$ . Допустимі втрати тепла  $q_B = 65$  ккал/м<sup>2</sup>\*год. Поверхня ізоляції  $H=32$  м<sup>2</sup>. Матеріал ізоляції – мати мінераловатні на феноловій зв'язці. Температура навколишнього повітря  $t_B = +25^{\circ}\text{C}$ . Число годин роботи  $\tau = 7200$ .

**P=1,8-3,0**

**P=1,9-6,0**

**P=1,1-5,0**

**P=1,5-6,0**

**P=1,4-9,0**



**P=1,5-8,0**

**P=1,5-4,0**

**P=1,7-4,0**

**P=2.0-5,0**

**P=3,5-5,0**

### Завдання 2.5

Визначити річні втрати тепла теплопроводом діаметром  $250\text{мм}$  і завдовжки  $100\text{ м}$ , якщо на ньому розташовано п'ять одиниць неізолюваної арматури і  $15\text{ м}$  з ущільненням основного шару ізоляції на  $75\%$  (додаток 1). Середньорічні температури всередині теплопроводу  $t=400^\circ\text{C}$ , поверхні ізоляції  $40^\circ\text{C}$ , а навколишнього середовища  $t=+6^\circ\text{C}$ . Середньорічна швидкість вітру  $\omega=3\text{ м/с}$ .

**D=102 мм L=133мп**

**D=104 мм L=143мп**

**D=108 мм L=126мп**

**D=159 мм L=123мп**

**D=219 мм L=127мп**

**D=259 мм L=183мп**

**D=112 мм L=122мп**

**D=122 мм L=132мп**

**D=139 мм L=142мп**

**D=213 мм L=122мп**

### Завдання 2.6

Оцінити річні непродуктивні витрати тепла на  $50\text{ м}$  теплопроводу зовнішньої прокладки діаметром  $D=800\text{ мм}$ , що не має вологоізолюючого шару і що повністю поглинає атмосферні осідання у вигляді дощу і снігу, якщо відомий час роботи  $\tau=8500\text{ год}$ , температура середовища усередині теплопроводу постійна і рівна  $t=151,1^\circ\text{C}$ , поверхні ізоляції  $t=35^\circ\text{C}$ , навколишнього середовища  $t=0^\circ\text{C}$ , річна норма опадів  $h=150\text{ мм}$ , а середня швидкість вітру  $\omega=3,0\text{ м/с}$ . Ступінь чорноти ізоляції прийняти рівною  $0,8$ .

Оцінити долі втрат тепла за рахунок конвекції, випромінювання і випаровування вологи.

**L=29м.п.**



**L=25м.п.**

**L=39м.п.**

**L=33м.п.**

**L=42м.п.**

**L=22м.п.**

**L=55м.п.**

**L=41м.п.**

**L=63м.п.**

**L=19м.п.**

**L=26м.п.**

### **Завдання 2.7**

Для умов завдання 3.6 визначите товщину шару ізоляції з мінераловатних прошивних виробів марки 200, оптимальну і критичну товщину ізоляції, вибравши самостійно значення необхідних для розрахунку величин.

**L=29м.п.**

**L=25м.п.**

**L=39м.п.**

**L=33м.п.**

**L=42м.п.**

**L=22м.п.**

**L=55м.п.**

**L=41м.п.**

**L=63м.п.**

**L=19м.п.**

**L=26м.п.**

### **Завдання 2.8**

У приміщенні, температура стін якого  $t_{ст} = 20^{\circ}C$ , прокладено 12 м неізольованого паропроводу, зовнішній діаметр якого  $D = 350$  мм, а температура поверхні  $t_{пов} = 20^{\circ}C$ , ступінь чорноти металу  $\varepsilon = 0,8$ . Знайти річні теплові втрати за рахунок випромінювання і конвекції.

**D=102 мм**

**D=104 мм**

**D=108 мм**

**D=159 мм**



**D=219 мм**

**D=259 мм**

**D=112 мм**

**D=122 мм**

**D=152 мм**

**D=142 мм**

### **Завдання 2.9**

Визначите втрати тепла від ділянки горизонтально розташованої труби і температуру води в кінці ділянки, якщо відомо: витрата води  $G_B = 0,4$  кг/с, зовнішній діаметр труби  $D = 0,15$  м, товщина стінки  $\delta_{ст} = 1$  мм, довжина ділянки  $L = 80$  м, коефіцієнт теплопровідності стінки  $\lambda_{ст} = 56$  Вт/м•К, товщина шаруючи ізоляції  $\delta_{ст} = 20$  мм, коефіцієнт теплопровідності ізоляції  $\lambda_{із} = 0,046$  Вт/м•К. Температура води на початку ділянки  $t_B = 90^\circ\text{C}$ , а температура навколишнього середовища  $t_{н.с} = 10^\circ\text{C}$ .

**L=29м.п.**

**L=25м.п.**

**L=39м.п.**

**L=33м.п.**

**L=42м.п.**

**L=22м.п.**

**L=55м.п.**

**L=41м.п.**

**L=63м.п.**

**L=19м.п.**







Результати розрахунку наднормативних втрат тепла з 100 п.м. теплотраси за опалювальний період залежно від стану теплової ізоляції для розрахункових умов місце розташування об'єкту

№ П/П	Технічний стан теплової ізоляції, умови експлуатації	K	Питомі наднормативні втрати через теплову ізоляцію Гкал/100 м за опалювальний період			
			Діаметр, мм			
			300	400	500	600
1	Незначне руйнування покривного і основного шарів ізоляційних конструкцій	1,4	33,5	40,6	48,8	54,2
2	Ущільнення ізоляції зверху трубопроводу і обвисання знизу	1,7	58,7	71,1	85,3	94,8
3	Часткове руйнування теплової ізоляції, ущільнення основного шару ізоляції на 30–50 %	1,9	75,4	91,4	109,7	121,9
4	Ущільнення основного шару ізоляції на 75 %	3,5	209,5	254	304,8	338,5
5	Незначне зволоження ізоляції на 10-15 %	1,5	41,9	0,8	61	67,7
6	Зволоження ізоляції на 20-30 %	2,3	108,9	132,1	158,5	170
7	Зволоження ізоляції на 40-60 %	4,0	251,4	304,8	365,7	406,2
8	Повне руйнування (відсутність теплової ізоляції)	9,0	670,4	812,8	975,2	1083,2

Додаток 2

Втрати тепла неізольованими вентилями, засувками і компенсаторами при  $t = 25^{\circ}\text{C}$ , ккал/ч

Діаметр умовного проходу трубопроводу, мм	Температура теплоносія $^{\circ}\text{C}$										
	70	80	90	100	150	200	250	300	350	400	500
	Втрати тепла ізольованим дротом, ккал/ч										
25	93	106	120	133							
32	119	136	153	170							
40	148	170	191	212							
50	186	212	239	265	475	765	1050	1510	1990	2520	3700
65	208	238	267	297							
80	230	263	296	329							
100	260	298	335	372	600	1055	1480	2080	2740	3520	5300
125	306	350	393	437							
150	351	401	451	501	885	1398	1970	2720			
200	441	504	567	630	1110	1740	2460	3360	4540	8500	
250	559	638	718	798	1395	2185	3080	4205			
300				965	1680	2630	3700	5050	6650	8500	12500
400				1260	2250	3500	4960	6700	8850	11100	16700
500				1560	2760	4300	6150	8450	11250	14500	21200

Втрати тепла неізольованими вентилями, засувками і компенсаторами при  $t = 25^{\circ}\text{C}$ , ккал/ч

Додаток 4



## Додаток 5

Теплові втрати для ізольованих поверхонь з  $l$  м довжини  
циліндричного об'єкту і з  $l$  м<sup>2</sup> плоских і криволінійних поверхонь  
при температурі повітря в приміщенні  $t=25$  °С, ккал/м·год,  
(ккал/м<sup>2</sup>·год)

Зовнішній діаметр неізолюва них труб, мм	Температура теплоносія , °С							
	50	75	100	150	200	250	300	350
10	7	12	18	30	41	53	64	76
20	10	16	23	37	50	64	77	90
32	12	20	28	43	58	74	90	105
48	13	22	31	49	65	84	102	119
57	14	23	32	53	70	90	108	127
76	15	25	37	58	78	99	120	141
89	16	27	39	62	82	105	126	149
108	22	34	45	68	90	113	137	160
133	27	40	53	76	101	120	152	176
159	31	45	60	84	112	140	166	192
194	35	50	66	93	124	153	182	212
219	38	52	70	100	132	165	196	227
273	42	59	78	111	146	183	218	253
325	45	65	85	122	160	200	240	273
377	50	70	92	131	175	218	260	300
426	53	75	98	140	190	235	280	322
478	60	83	109	155	205	253	303	340
529	66	90	120	170	220	270	325	375
630	82	ПО	140	195	253	310	370	425
720	95	125	160	220	280	340	405	470
820	НО	145	180	250	315	380	445	515
920	135	165	205	275	345	415	480	555
1020	150	190	226	300	370	450	525	600
1420	210	260	300	400	500	585	680	780
1820	265	320	370	490	600	700	830	940
2000	290	355	410	560	760	780	900	1030
Плоска поверхня	50	58	65	80	95	109	124	138

Додаток 4

Непродуктивні втрати з неізолюваної поверхні при різній температурі ( $t$  навколишнього середовища = 25 °С), ккал/м·ч

Температура теплоносія °С	Діаметр трубопроводу, мм											Плоска стінка ккал/м <sup>2</sup> ·ч
	32	57	76	108	133	159	216	267	318	368	420	
70	42	79	101	138	163	198	261	324	379	431	499	494
90	65	112	157	214	262	306	417	490	598	672	771	763
110	89	164	218	315	372	435	594	705	837	970	1093	1086
130	123	215	286	416	503	591	792	962	1142	1314	1476	1470
150	157	287	367	532	644	766	1020	1239	1448	1679	1800	1870
170	201	361	460	663	798	956	1068	1534	1813	2081	2360	2314
190	245	444	572	804	979	1174	1545	1881	2228	2564	2870	2808
210	299	536	683	965	1174	1413	1861	2256	2528	3097	3452	3322
230	352	628	819	1141	1384	1672	2217	2691	3136	3670	4115	3877
250	416	725	951	1332	1624	2040	2605	3157	3657	4282	4835	4481
270	480	838	1113	1537	1894	2310	3023	3663	4284	4965	5617	5185
290	553	961	1284	1768	2173	2589	3410	4189	4968	5688	6479	5879
310	627	1086	1466	2023	2473	2939	3958	4775	5712	6482	7432	6673
330	708	1236	1667	2290	2834	3348	4545	5461	6487	7416	8445	7568
350	795	1398	1879	2590	3224	3778	5173	6197	7272	8400	8528	8562
370	889	1565	2096	2921	3614	4247	5811	6983	8207	9432	10658	9555
390	1003	1759	2332	3293	4004	4786	6337	7769	9191	10565	11840	10550
450	1364	2415	3217	4495	5474	6553	8710	10677	12545	14115	15585	14032

Непродуктивні втрати з неізолюваної поверхні при різній температурі  
( $t$  навколишнього середовища = 25 °С), ккал/м·ч

Додаток 6



## Література

Данілов О.Л. Энергобереження в енергетиці і технологіях: учбовий посібник. 4.1/ Під ред. А.Б. Гаряєва. М. Видавництво МЕІ, 2003р.

Гаряєв А.Б., Данілов О.Л., Ефімов А.Л., Яковлев І.В. Энергобереження в енергетиці і технологіях: Энергобереження в низькотемпературних процесах і технологіях. М. Видавництво МЕІ, 2002р.

Методична допомога для фахівців енергонагляду і енергослужб підприємств. М., 2000р.

Сніп 2.04.05-91\* «Опалювання, вентиляція і кондиціонування повітря».

Методичні вказівки по забезпеченню теплопоспоживаючих установок закритих систем теплопостачання і розробці заходів щодо енергобереження / Галузевий керівний документ РФ34.09.455- 95 РАО «ЕС Росії», М., 1996.

Енергоаудит і нормування витрат енергоресурсів: Збірка методичних матеріалів /НГТУ, НІЦЕ. Н. Новгород, 1998.

Сніп 23-01-99 «Будівельна кліматологія».

Борісов К.Б., Шелгинський А.Я. Системи забезпечення житлових, суспільних і промислових будівель водою питної якості М. Видавництво МЕІ, 2002р.

Мезенцев А.П. Основи розрахунку заходів щодо економії теплової енергії і палива. Л.: Енергоатоміздат, 1984.

Соколов Е. Я., Бродянський В. М. Енергетичні основи трансформації тепла і процесів охолодження. М. Видавництво МЕІ, 2001р.