

Задача 1. Для інтенсифікації теплообміну в регенеративному повітрянагрівачі для нагрівання доменного дуття, замість вогнетривкої насадки із суцільними вертикальними каналами (насадка „А”) використана вогнетривка насадка з турбулізуючими елементами у вигляді горизонтальних проходів (насадка „В”). Розрахувати та порівняти значення коефіцієнтів тепловіддачі конвекцією при русі повітря в каналах насадок „А” та насадки „В” при однакових значеннях швидкості руху повітря $w = 5,0$ м/с (при нормальних умовах), якщо середня температура повітря в каналі становить $t_{\text{пов}} = 600$ °С, еквівалентний діаметр каналу $d_{\text{екв}} = 0,0462$ м. При температурі повітря $t_{\text{пов}} = 600$ °С визначимо теплофізичні властивості повітря $\lambda_{\text{пов}} = 6,22 \cdot 10^{-2}$ Вт/(м·К); $\nu_{\text{пов}} = 96,89 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Критеріальні рівняння: для насадки „А” $Nu = 0,018 Re^{0,8}$, для насадки „В” $Nu = 0,0224 Re^{0,8}$.

Задача 2. Для наведених нижче вихідних даних, провести розрахунок освітлення, що створюється двома світловими лініями. Вважати, що відбита складова освітленості (від стін і стелі) незначна. План розташування світлової лінії наведено на рисунку 2.1. Відстань від точки до кожної світлової лінії однакова. У якості джерел світла обрати люмінесцентні лампи з таблиці 2.1.

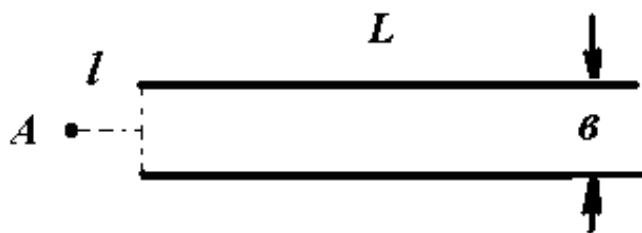


Рисунок 2.1. План розташування світлової лінії

Для розрахунку використовувати точковий метод з використанням кривих відносних ізолюкс (рисунок 2.2).

Вихідні дані:

Висота підвісу світильника $h = 3$ м;

Мінімальна нормована освітленість в розрахунковій точці $E_{\text{мін}} = 100$ лк;

Довжина світлової лінії $L = 6$ м;

Відстань по горизонталі між сусідніми світловими лініями $v = 4$ м;

Відстань по горизонталі від точки до початку ліній $l = 2$ м;

Коефіцієнт додаткової освітленості, що враховує дію віддалених світильників $\mu = 1,0 - 1,2$;

Коефіцієнт запасу, приймається рівним 1,1.

Довідкові дані:

Паспортні дані люмінесцентних ламп наведені в таблиці 2.1.

Криві відносних ізолюкс наведені на рисунку 2.2, де по осям відкладаються відносна довжина світлової лінії (L') та відносна відстань від проекції осі лінії до точки, що розглядається (p').

Задача 3. Після проведення енергетичного аудиту на промисловому підприємстві були запропоновані для впровадження декілька незалежних проектів енергозбереження, основні показники яких наведені у табл. 1.

Виходячи з бюджету, виділеного підприємством для вирішення задач енергозбереження у поточному році, що складає 40 тис. грн., визначити можливі з фінансової точки зору та найбільш доцільні в цьому році проекти.

Таблиця 1 Основні показники проектів енергозбереження

Назва проекту	А	Б	В	Г	Д
Чиста приведена вартість, тис. грн.	50,4	43,52	26,88	31,2	32
Капітальні витрати, тис. грн.	8,72	18,96	14,08	7,76	10,4

Задача 4.

Визначити як зміняться втрати активної потужності у трансформаторі з даними: номінальна потужність $S_{ном}$, втрати холостого ходу ΔP_{xx} і втрати короткого замикання ΔP_k , при передаванні потужності навантаження S_H при зміні напруги на стороні ВН на величину $\Delta U\%$ в порівнянні з $U_{ном}$.

Задача 5.

Визначити залежність коефіцієнта форми графіка навантаження k_f від числа годин використання максимального навантаження T_m , якщо число годин максимальних втрат представлено у вигляді

Задача 6. В припливно-витяжній системі вентиляції використовується теплообмінник з коефіцієнтом ефективності ($\epsilon = Q/Q_{max}$) 0,75. Витрати повітря в припливному та витяжному каналах є рівними та складають $120 \text{ м}^3/\text{год}$. Середню теплоємність повітря приймаємо $1015 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, густину – $1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$. Використовуючи середньомісячні дані для зовнішнього повітря та в приміщенні, розрахувати економію теплової енергії за опалювальний сезон (МДж або кВт·год) та економію умовного палива (кг) для двох варіантів: при заміщенні теплової енергії від котельні; при заміщенні електричної енергії від теплоелектростанції. Теплота згорання умовного палива складає (Q_p) дорівнює $30 \text{ МДж}/\text{кг}$. Коефіцієнт ефективності котельні $\eta_{кот}=0,7$, теплоелектростанції $\eta_{ТЕС}=0,3$.

$$Q_{max} = W_{min} (t'_1 - t'_2),$$

де W_{min} – менше значення водяного еквівалентів теплоносіїв,

t'_1, t'_2 — температури витяжного та припливного повітря на вході в теплообмінник

Місяці	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Жовтень	Листопад	Грудень
Температура зовнішнього повітря, °С	-2,0	-1,5	3,4	10,3	4,3	0,0	-0,1
Температура повітря в приміщенні, °С	18	18	18	18	18	18	18
Тривалість	744	672	744	360	360	720	744

роботи установки, год							
-----------------------------	--	--	--	--	--	--	--

Задача 7. На підприємстві від цехової підстанції (рис. 1) 10/0,4 кВ живляться три асинхронні двигуни (АД) з паспортними даними, наведеними в табл. 1, по трьох кабельних лініях (КЛ) (табл. 2), які працюють згідно графіків, що зображені на рис. 2. Побудувати добові графіки реактивної потужності для кожного з АД. Вибрати засоби компенсації реактивної потужності для встановлення безпосередньо біля АД (стандартний ряд наведений в табл. 3). Розрахувати втрати активної та реактивної енергії за добу в лініях до та після встановлення засобів компенсації реактивної потужності.

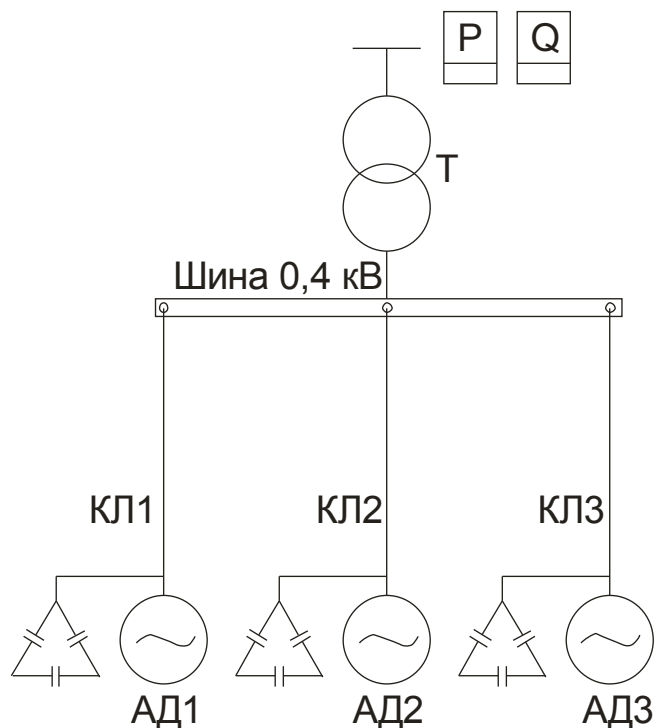


Рис.1 Схема живлення

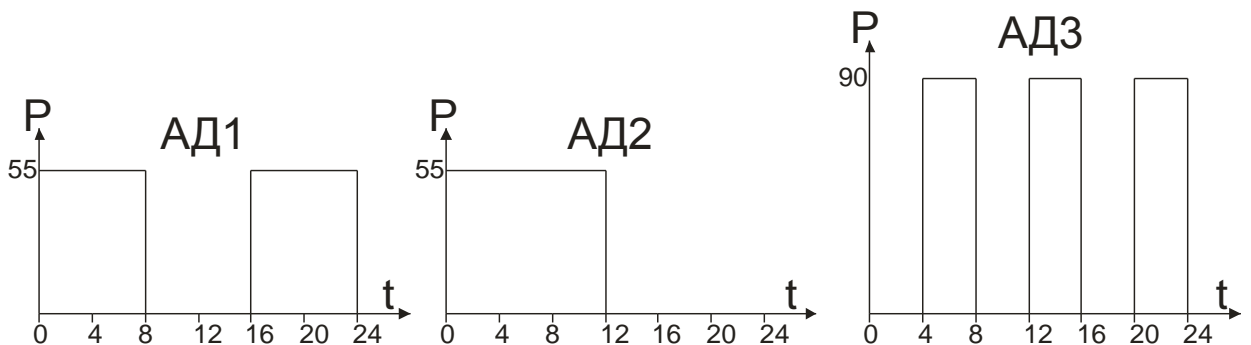


Рис.2 Добовий графік активної потужності для АД, кВт

Таблиця 4.1 – Паспортні дані АД

Номер АД	АД1, АД2	АД3
Марка АД	4A225M2У3	4A250M2У3
$P_{\text{НОМ}}$	55 кВт	90 кВт
$\cos\varphi_{\text{НОМ}}$	0,92	0,90
η	91 %	92 %

Таблиця 4.2 – Паспортні дані КЛ

Номер КЛ	КЛ1, КЛ2	КЛ3
Площа поперечного перерізу, мм ²	16	25
Матеріал	мідь	мідь
$R_{\text{л}}$, Ом/км	1,12	0,72
$X_{\text{л}}$, Ом/км	0,068	0,066
Довжина, м	200	250

Таблиця 4.3 – Статичні конденсатори

Тип	Реактивна потужність, кВАр
УСК-0,4-20 У3	20
УСК-0,4-25 У3	25
УСК-0,4-30 У3	30
УСК-0,4-40 У3	40
УСК-0,4-50 У3	50

Задача 8. За вихідними даними, наведеними у таблиці 1, скласти грошові потоки для двох проектів енерговикористання. Для кожного з проектів визначити:

- простий термін окупності капітальних вкладень;
- чисту приведену вартість проекту;
- динамічний (дисконтований) термін окупності капітальних вкладень.

На основі розрахованих значень вказаних критеріїв обрати кращий з двох аналізованих проектів.

Таблиця 1

Вихідні дані до задачі

Проект	Час життя проекту, років	Капітальні витрати на впровадження проекту, тис.грн.	Щорічні експлуатаційні витрати, тис. грн./рік	Щорічна економія (вигоди) від впровадження проекту,	Ставка дисконту, %

				тис.грн/рік	
А	4	210	110	290	18
Б	8	300	60	150	18

Задача 9. Визначити річні втрати активної електроенергії у трансформаторі ТМЗ1000/10 з каталожними даними $U_K=5,5\%$; $I_X=1,2\%$; $\Delta P_X=10,8\text{кВт}$; $\Delta P_K=1,9\text{кВт}$ за умови забезпечення мінімальних відносних втрат електроенергії $\left(\Delta W_* = \frac{\Delta W}{S_H} \right)$ при $T_M=5000\text{год/рік}$ і еквіваленті реактивної потужності $\alpha = 0,005 \frac{\text{кВт}}{\text{кВАр}}$.

Задача 10. На заводській ТЕЦ встановлено парову турбину з протитиском потужністю 5 МВт. Початкові параметри пари $p_1=3,5\text{ МПа}$, $t_1=435\text{ }^\circ\text{C}$, протитиск $p_2=120\text{ кПа}$. Вся пара після турбіни йде на виробництво, звідки повертається у вигляді конденсату з температурою насичення. Визначити годинну витрату палива з теплою згоряння $Q_H^P = 27,5\text{МДж/кг}$, якщо ККД парогенератора дорівнює $\eta_{ПГ} = 85\%$.

Визначити економію палива на ТЕЦ порівняно з роздільною енергоустановкою і при відпуску пари на виробництво в тій же кількості при тих же параметрах, якщо кінцевий тиск пари в конденсаційній установці взяти $p_k=4\text{ кПа}$, при тому ж значенні ККД парогенератора ($\eta_{ПГ} = 85\%$), а ККД опалювальної котельні (низького тиску) дорівнює $\eta_{КНТ} = 70\%$.

Задача 11. Проектом передбачено утеплення зовнішніх стін тепловою ізоляцією з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda=0,045\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Температури в приміщенні та на зовні $t_{вн}=20$, $t_3=t_{p.o.}=-22\text{ }^\circ\text{C}$. Теплотехнічним розрахунком встановлено, що при заданій товщині стін з утеплювачем термічний опір стіни складе $R_{ст}=2,52\text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$. Визначити доцільність збільшення товщини утеплювача на 2 см, за умов, що через 5 років ціна газу буде 4000 Грн за 1000 м³.

Приймаємо $Q_H^P=8000\text{ ккал/нм}^3$ для природного газу, де $D=3572$ – розрахункова кількість градусо-днів опалювального періоду для м.Києва [СНиП ОВК], $\eta=0,8$ – коефіцієнт, що враховує втрати теплоти в магістральних та розподільчих теплових мережах в розмірі 20%.

Утеплювач товщиною 2 см коштує приблизно 8 Грн.

Задача 12. Визначити максимальне навантаження ТП4, від якого живляться:

- 2 житлові будинки II - го рівня (електроплити, 2 секції, 72 квартири, 9 поверхів);
- 1 житловий будинок II - го рівня (газові плити, 4 секції, 196 квартир, 9 поверхів).

Визначити розрахункове навантаження другої секції збірних шин підстанції, якщо максимальні промислові навантаження їх об'єктів складають:

$$P_{\text{м.пр}} = 7,5 \text{ МВт}; Q_{\text{м.пр}} = 5,5 \text{ Мвар}.$$

Максимальні навантаження $S_{\text{м}}$ по ТП 1 – ТП 3, ТП 5, ТП 6 вказані на рис.1.

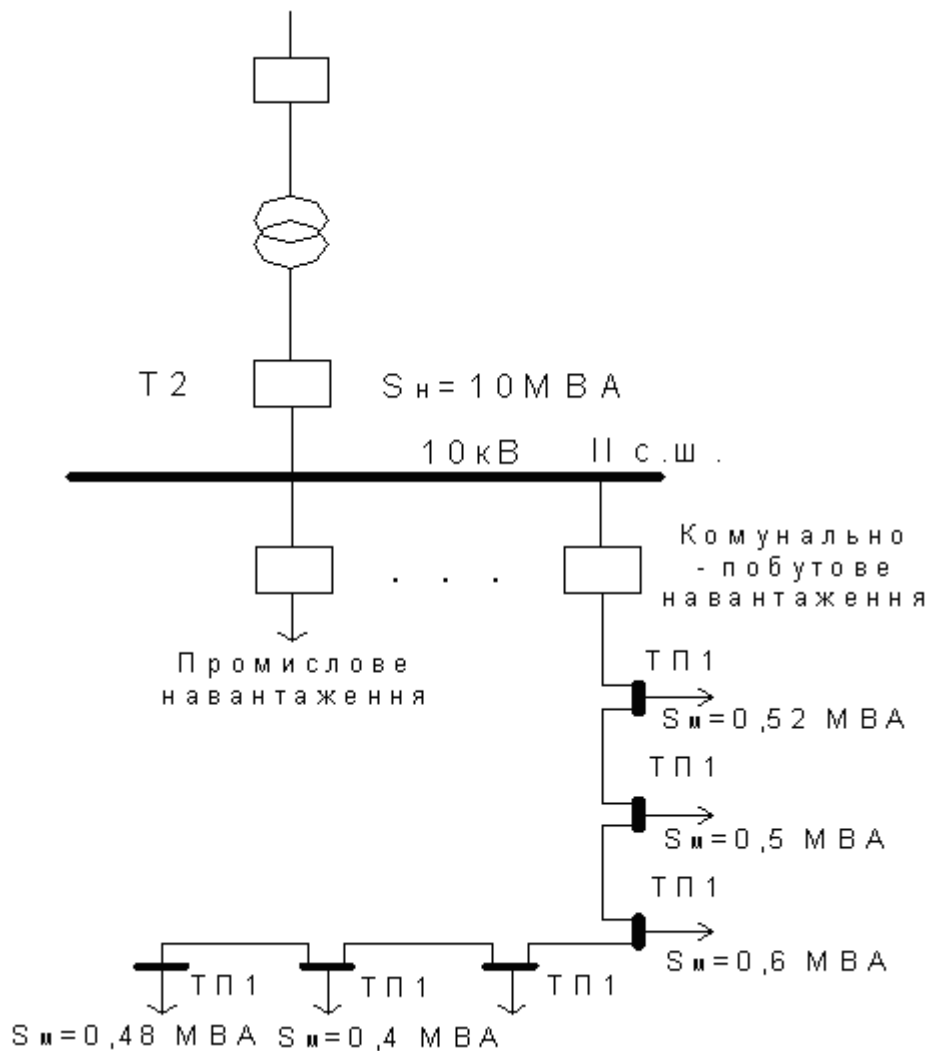


Рис. 1.

Довідкові дані:

1. питомі навантаження:

- квартири з газовими плитами: $P_{п.кв} = 1,14 \frac{\text{кВт}}{\text{кв}}$;

- квартири з електроплитами: $P_{п.кв} = 2,56 \frac{\text{кВт}}{\text{кв}}$;

2. коефіцієнт одночасності:

- квартири з газовими плитами: $K_o = 0,115$;

- квартири з електроплитами: $K_o = 0,135$;

3. коефіцієнт потужності:

- квартири з газовими плитами: $\cos \varphi = 0,96$;

- квартири з електроплитами: $\cos \varphi = 0,98$.

Коефіцієнт зміщення максимумів комунально-промислового та промислового навантаження складає 0,9.

Коефіцієнт суміщення максимумів комунально - промислового та промислового навантажень складає 0,9.

Задача 13. Система водяного опалення розрахована на компенсацію теплових втрат через огорожі будівлі. Її розрахункова потужність становить 1 МВт при температурному графіку подачі води 95/70, °С і температурі зовнішнього повітря -21°С. Температура внутрішнього повітря прийнята 18°С. Як зміниться теплова потужність системи при збільшенні термічного опору тепловим втратам на 20% та незмінній витраті води в системі опалення? Прийmemo теплоємність води 4,19 кДж/(кг·К). Як зміниться результат, якщо за допомогою системи регулювання в будівлі буде підтримуватися стала температура $t_{пер}=18^{\circ}\text{C}$?

Задача 14. Апаратура хімічної частини коксохімічного виробництва (КХВ) продуктивністю по коксу $\Pi=550000$ т/рік має питомі витрати водяної пари $q_{п} = 1,32$ ГДж/т коксу. Тиск технологічної пари $P= 1,38$ МПа, температура пари $t_{п}=280$ °С, температура конденсату, що повертається до

котельної від споживачів складає $t_k=55$ °С. Витрата пари у кількості 30% від загальної потреби заміщається паром котла-утилізатора установки сухого гасіння коксу. Розрахувати річну економію палива, доменного і коксового газу для котельні, якщо ККД котла складає $\eta=90,8$ %. Паливо для котла – коксодоменна суміш з теплою згорання ($Q_{нсм}^c=10,5$ МДж/м³). Теплота згорання – доменного газу ($Q_{н}^c=3,8$ МДж/м³), коксового газу ($Q_{н}^c=17,12$ МДж/м³). Річний час роботи $T=5400$ год/рік. Знайти економію коштів, якщо ціна доменного газу складає $C_{дг}=120$ грн./ 1000 м³, а коксового газу $C_{кг}=450$ грн/ 1000 м³.

Задача 15. Визначити втрати потужності у цеховому трансформаторі з параметрами $S_{н}=400$ кВ·А, $\Delta P_{кз}=5,5$ кВт, $\Delta P_{нх}=1,05$ кВт, $u_{кз}=4,5$ %, $I_{нх}=2,1$ % від якого отримують живлення три силових пункти та щит освітлення. Площа цеху 400 м², питоме навантаження освітлення складає 10 Вт/м².

Від силових пунктів отримує живлення технологічне обладнання, що наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Перелік технологічного обладнання

Силовий пункт	Обладнання	$P_{н}$, кВт	$k_{в}$, в.о.	$\cos\varphi$	Кількість n , од.
СП 1	Токарно-гвинторізний верстат	12,5	0,24	0,5	6
	Вертикально-фрезерувальний верстат	16,2	0,26	0,6	3
	Карусельний верстат	33,3	0,3	0,65	2
	Радіально-свердлильний верстат	7,6	0,25	0,6	10
СП 2	Електропіч	65	0,8	0,95	1
	Шафа сушильна	12	0,7	0,9	2
СП 3	Вентилятор	8/12, $P_{н\Sigma}=80$	0,65	0,8	8

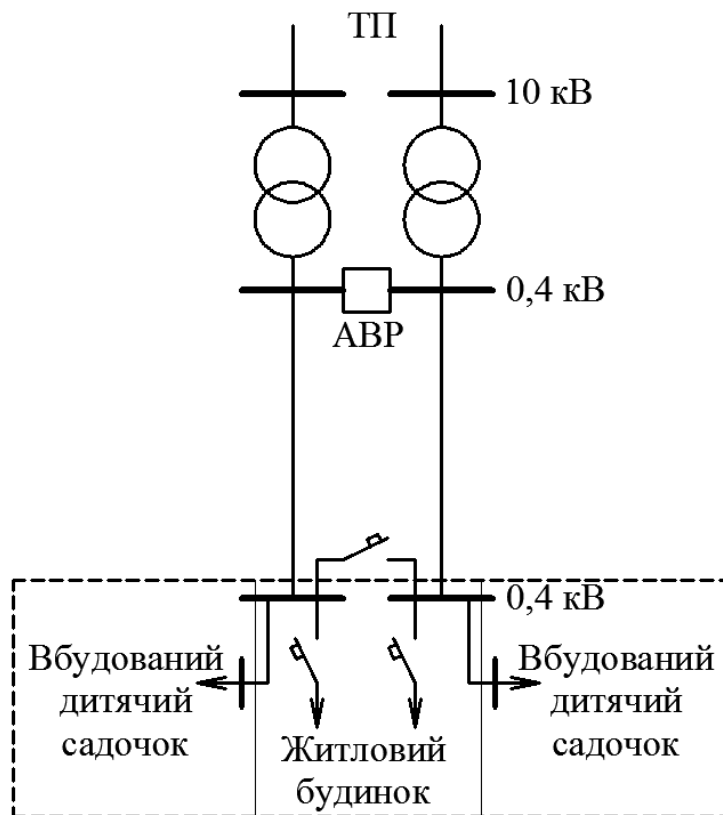
Довідкові дані наведено у таблицях 2–4.

Задача 16. В односімейному будинку система опалення отримує тепло від газового котла з ккд 0,9. Чи доцільно використати в цьому будинку тепловий насос з коефіцієнтом перетворення 3,5, якщо тариф на електроенергію складає $T_{\text{ел.ен.}} = 0,36$ грн./кВт·год, а тариф на газ $T_{\text{газ}} = 1,10$ грн./м³. Теплота згорання природного газу прийняти 8000 ккал/м³. Визначити простий термін окупності теплового насосу. Питомі капітальні затрати на придбання та встановлення ТН становлять для встановленої теплової потужності 900 EUR/кВт. Курс валют: 16 грн./ EUR. Розрахункова температура зовнішнього та внутрішнього повітря -22 та 18 °С відповідно, середня температура зовнішнього повітря за опалювальний сезон -1,1°С, тривалість опалювального сезону 187 діб. Розрахунки провести на 1 кВт встановленої теплової потужності.

Задача 17. Система водяного опалення розрахована на компенсацію теплових втрат через огорожі будівлі. Її розрахункова потужність становить 1 МВт при температурному графіку подачі води 95/70, °С і температурі зовнішнього повітря -21°С. Температура внутрішнього повітря прийнята 18°С. Як зміниться теплова потужність системи при збільшенні термічного опору тепловим втратам на 20% та незмінній витраті води в системі опалення? Прийmemo теплоємність води 4,19 кДж/(кг·К). Як зміниться результат, якщо за допомогою системи регулювання в будівлі буде підтримуватися стала температура $t_{\text{пер}}=18^{\circ}\text{C}$?

Задача 18. Визначити переріз кабельної лінії 0,38 кВ (таблиця 1), що живить за двопроменевою схемою 16-и поверховий 4-х секційний житловий будинок із вбудованим дитячим садочком на 160 місць (рис. 1). У кожній секції будинку знаходиться 30 квартир з електричними плитами. Від кожного вводу в будівлю живиться 50 % квартир, ліфтів та навантаження дитячого садочку. При розрахунках прийняти, що потужність пасажирського ліфта

складає 4,5 кВт, вантажного – 7 кВт, силове санітарно-технічне обладнання відсутнє, допустима втрата напруги $\Delta U_{\text{доп}} = 5,5\%$. Довідкові дані наведено у таблицях 1–6.



Задача 19. Зробити техніко-економічне обґрунтування застосування для силової промислової установки електродвигуна потужністю 11 кВт з ккд $\eta_1 = 0,88$, вартістю $V_1 = 2800$ грн, або енергоефективного електродвигуна потужністю 11 кВт з ккд $\eta_2 = 0,93$, вартістю $V_1 = 5200$ грн. Пропонується обрати електродвигун для силової промислової установки з потрібною потужністю на валу 8,9 кВт. Час роботи установки за рік складає 4150 годин. Тариф за активну потужність складає $T_{\text{ап}} = 1,05$ грн/кВт·год.

Задача 20. Побудувати на $h-d$ -діаграмі процес політропної обробки повітря в прямоточному кондиціонері для теплого періоду року, а також визначити витрати теплоти у нагрівнику повітря вторинного підігріву та витрату холоду на обробку повітря у камері зрошення за наступними вихідними даними: надходження повної кількості надлишкової теплоти в

приміщення $Q_{II} = 500000$ кДж/ч; вологовиділення $W = 50$ кг/ч; робоча різниця температур повітря в приміщенні та приточного повітря $\Delta t_p = t_b - t_{II} = 8^\circ\text{C}$.
 Параметри зовнішнього повітря: $t_n = +29^\circ\text{C}$; $\varphi_n = 45\%$; $h_n = 58,0$ кДж/кг; $d_n = 11,0$ г/кг.
 Параметри повітря в приміщенні: $t_{II} = +24^\circ\text{C}$; $\varphi_{II} = 52\%$; $h_{II} = 49,0$ кДж/кг; $d_{II} = 9,75$ г/кг.
 Кондиціонер розташований поряд з приміщенням, яке він обслуговує. Розрахунки провести без рециркуляції повітря.

Задача 21. Електроприймачі цеху приєднані до магістрального шинопроводу та рівномірно розподілені по його довжині $L_1 = 120$ м (см. рис.1). Довжина шинопроводу до початку відгалужень складає $L_2 = 70$ м. Сумарне навантаження електроприймачів складає 750 кВА, середній $\cos\varphi_{cp} = 0,75$. Розрахувати потужність конденсаторної батареї для компенсації реактивної потужності електроприймачів, якщо потрібний коефіцієнт потужності $\cos\varphi_n = 0,92$. Визначити відстань від трансформаторної підстанції до місця підключення конденсаторної батареї, виходячи з умови мінімуму втрат активної потужності в шинопроводі. Потужність конденсаторної батареї обрати з ряду: 200квар, 250квар, 300 квар, 350квар.

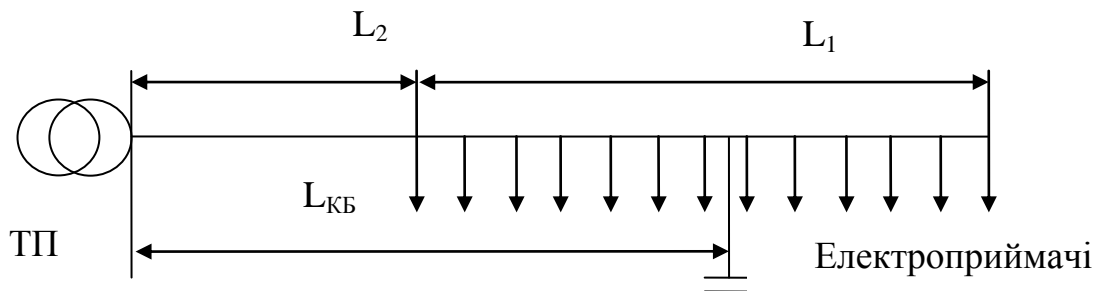


Рисунок 1 – Схема електропостачання

Задача 22. Виконати фінансову оцінку доцільності впровадження проекту енерговикористання «Установка конденсаторної батареї для підвищення коефіцієнту потужності». При цьому необхідно розрахувати такі критерії ефективності проекту:

- простий термін окупності капітальних вкладень;
- чисту приведену вартість проекту;

- динамічний (дисконтований) термін окупності капітальних вкладень;

- внутрішню норму рентабельності.

Якщо капітальні витрати на придбання, установку і налагодження обладнання складають 30000 грн., щорічні експлуатаційні витрати – 17000 грн., щорічні амортизаційні відрахування 1500 грн.

Щорічні вигоди (економія) від впровадження проекту складається з таких складових:

- економія за оплату спожитої електроенергії– 10000 грн.;

- економія за оплату низького рівня $\cos\varphi$ – 15000 грн.;

- інші вигоди – 3000 грн.

Термін експлуатації обладнання 15 років. Ставка дисконту дорівнює 15%.

Задача 23. Побудувати графіки залежностей техніко-економічних показників дугової сталеплавильної печі від струму вторинної обмотки та визначити зону економічної роботи печі.

Вихідні дані:

Номінальна потужність пічного трансформатора $S_{mp} = 8,0$ МВА;

Номінальна вторинна напруга $U_2 = 310$ В;

Приведений активний опір мережі живлення $r_{кз} = 1,6$ мОм;

Приведений реактивний опір мережі живлення $x_{кз} = 3,8$ мОм.

Задача 24. Побудувати графіки залежностей техніко-економічних показників дугової сталеплавильної печі від струму вторинної обмотки та визначити зону економічної роботи печі.

Вихідні дані:

Номінальна потужність пічного трансформатора $S_{mp} = 8,0$ МВА;

Номінальна вторинна напруга $U_2 = 310$ В;

Приведений активний опір мережі живлення $r_{кз} = 1,6$ мОм;

Приведений реактивний опір мережі живлення $x_{кз} = 3,8$ мОм.

Задача 25. Компресор ТЕЦ-ПВС з паротурбінним приводом забезпечує доменну піч дугтєвим повітрям з тиском $P_1=0,45$ МПа, температура повітря на виході з компресора $T_1=120$ °С. При паровому приводі компресора питома витрата умовного палива на виробництво 1000 м³ повітря складає $\hat{a} = 17,3$ кг у.п. [1].

Визначити погодинну і втрату повітря в атмосферу через тріщину шириною $A = 2,0$ мм і довжиною $L=100,0$ мм, яка утворилася у повітропроводі в процесі експлуатації за період до ремонту, що склав $T = 1,5$ доби. Розрахувати перевитрату палива для ТЕЦ-ПВС на привід парової турбіни компресора із-за втрати повітря через тріщину за цей період часу.

Обґрунтувати вибір формули (1) або (2) для розрахунку швидкості витікання повітря (показник адіабати $k=1,4$):

$$w_{20} = \sqrt{2 \frac{k}{k+1} D_1 \cdot v_1}, \text{ м/с; (1)}$$

$$w_2 = \sqrt{2 \frac{k}{k+1} D_1 \cdot v_1 \left[1 - \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}, \text{ м/с (2).}$$

Література

1.Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: Справочник (кн.4) / Под общ. ред. В.А. Григорьева, В.М.Зорина.- м.: Энергоатомиздат,1991.-588 с.

Задача 26. Промислова котельня постачає перегріту водяну пару з тиском $P= 1,3$ МПа з температурою $t=280$ °С споживачам на протязі $T=180$ діб. Визначити добові втрати водяної пари в атмосферу із паропроводу через отвір діаметром $d=10$ мм, який утворився в процесі експлуатації. Знайти добову перевитрату природного газу в котельні на виробництво втраченої кількості пари.

ККД котла $\eta_{\text{кв}} = 92,1\%$, температура живильної води $t_{\text{жв}} = 105^\circ\text{C}$.

Паливо—природний газ із теплотою згоряння $Q_{\text{н}}^c = 34,8 \text{ МДж/м}^3$.

Критичне відношення тиску для пари $\beta_{\text{св}} = D_{2\text{св}} / D_1 = 0,546$. Формула для розрахунку швидкості витікання пари $w = 44,72\sqrt{2_1 - 2_2}$, м/с.

Задача 27. Теплова ізоляція вертикальної стінки камери згоряння виконана із двох шарів. Внутрішній жаростійкий шар з жаротривкого бетону з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_1 = 0,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$.

Зовнішній теплоізоляційний шар з вермікулиту з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_2 = 0,085 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$.

Визначити необхідну товщину ізоляції при наступних умовах: температура внутрішньої поверхні жароміцного шару $t_{\text{вн}} = 650^\circ\text{C}$; температура зовнішньої поверхні ізоляції за умовами техніки безпеки не повинна перевищувати 55°C при температурі навколишнього повітря $t_{\text{в}} = 25^\circ\text{C}$. Матеріал зовнішнього шару може бути використаний при температурі, яка не перевищує 600°C .

Коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні ізоляції до повітря для вертикальних стін може бути визначений за формулою:

$$\alpha_{\text{в}} = 9,7 + 0,07(t_{\text{св}} - t_{\text{в}}), \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Задача 28. Розрахункове навантаження пікового ступеню нагріву мережної води на ТЕЦ $Q_{\text{пик}} = 20 \text{ МВт}$. Тиск гострої (первинної) пари, що відбирається з барабану котла $P_1 = 40 \text{ бар}$. Тиск зредукованої пари $P_2 = 6 \text{ бар}$. Початкова температура води, яка подається в редуційно-охолоджувальну установку (РОУ) $t_{\text{п.в}} = 104^\circ\text{C}$. Визначити кількість пари, що відбирається з котла D_1 ; витрату води в РОУ, представити процес в РОУ в I-S-координатах. Задачу розрахувати з використанням I-S-діаграми стану води і водяної пари.

Задача 29. Визначити економічну доцільність улаштування додаткової (третьої) рами до наявних двох сполучених рам у житловому будинку у м. Харкові під час його реконструкції з трьома значеннями додаткових капіталовкладень K_i : 35; 43; 66 грн/м². Теплопостачання будинку здійснюється від квартальної котельні, вартість теплової енергії 200 грн/Гкал. Нормативний термін окупності додаткових капіталовкладень $z_n=7$ років.

Приймаємо для житлових будівель $t_{вн}=18$ °С, для м. Харкова $t_{сер.о}=-2,1$ °С, $n_o=189$ діб.

$R_{02}=0,39$ (м²К)/Вт, $R_{03}=0,55$ (м²К)/Вт.

$\text{Ц}_{ТЕЦ}=200$ грн/Гкал= $200/4,187=47,7$ грн/ГДж

A – амортизаційні відрахування і витрати на поточний ремонт третьої рами, $A=0,025K$, грн./(м²рік).

Задача 30. Джерелом централізованого теплопостачання є ТЕЦ з двошаблевою схемою підігріву води в мережі.

- Визначити температуру зовнішнього повітря, нижче за яку необхідно включення другого (пікового) шабля.
- Визначити максимальне теплове навантаження (потужність) першого (теплофікаційного) шабля.
- Визначити максимальне теплове навантаження (потужність) другого (пікового) шабля.
- Визначити мінімальний коефіцієнт теплофікації.

Вихідні дані:

Температурний графік води в мережі у розрахунковому режимі

$$\tau_1/\tau_2=150/70$$

Вихідні дані:	Варіант		
	I	II	III
Розрахункове навантаження опалення Q , МВт	100	150	200
Тиск пари у теплофікаційному відборі $P_{від}$, бар	2,2	2,4	2,6

Задача 31. Сравнить энергетическую эффективность циклов систем кондиционирования, работающих по циклу парокомпрессионной холодильной машины при различных хладагентах: R134a, R600, R410a. Температура кипения хладагента: +5 С, температура конденсации: +50 С, перегрев паров: 5 С, переохлаждение жидкости: 5 С. Приложение: диаграммы *i-p* для теплоносителей R134a, R600a, R410a.

Задача 32. Определить экономию за отопительный сезон в денежном эквиваленте от установки вентиляционной системы с рекуператором в жилом доме с площадью жилых помещений 6 400 м². В теплообменнике-рекуператоре удаляемый из помещения воздух передает теплоту воздуху, входящему в помещения с улицы. Норма удаляемого воздуха из помещения – 3 м³/ч на 1 м² площади, тариф за теплоэнергию: 304 грн/Гкал. Температура воздуха в помещении: 20 С. КПД рекуператора принять равным 50%. Теплоемкость воздуха принять равной 0,24 ккал/(кг·К). Приложение: значения средних температур по месяцам.

Температура воздуха по месяцам, (°С)

Температура	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Средняя	-5,6	-4,2	0,7	8,7	15,1	18,2	19,3	18,6	13,9	8,1	2,1	-2,3	7,7

Задача 33. На промышленном предприятии установлен **пароводяной подогреватель** для нагревания за 1 мин 1500 кг воды от температуры $t_1=42$ °С до температуры $t_2=76$ °С, рассчитанный на использование греющего пара с абсолютным давлением $p=0,75$ бар. Из-за отсутствия на предприятии такого пара используется пар повышенного давления $p^*=4$ бар.

Определить эксергетический КПД этого подогревателя при проектных и действительных параметрах пара и перерасход условного топлива при отступлении от расчетного режима. Потерями теплоты в окружающую среду пренебречь.

Задача 34. В газотурбинной установке используется осевой компрессор, подающий в камеру сгорания за 1 минуту 500 м³ воздуха при давлении 9 бар. На входе в компрессор воздух имеет давление 1 бар и температуру 15°С. Показатель политропы сжатия $n=1,5$. Средняя степень сжатия в одной ступени компрессора 1,3. Найти мощность компрессора, температуру на входе в камеру сгорания и необходимое число ступеней компрессора.

Задача 35. Центробежный компрессор подает 200 кг воздуха за 1 минуту при давлении 4 бар и температуре 180°С. В компрессор воздух поступает при температуре 20°С и давлении 1 бар. Определить мощность

компрессора и показатель политропы сжатия, если известно, что промежуточное охлаждение отсутствует.

Задача 36. Підприємство теплових мереж на протязі року має понаднормативну витрату мережної води за рахунок витоків. Норма витрати згідно «Правил постачання теплової енергії» складає 2,5 літра на 1 м³ об'єму системи на добу. Фактична витрата склала 5,0 літра. Об'єм води, яка циркулює у мережі на протязі доби становить 13000 м³. Розрахувати збитки підприємства за рік за таких даних:

- вартість природного газу – 1360 грн/1000 м³;
- питома витрата палива у котельній - 156 кг.у.п/Гкал;
- теплотворна спроможність природного газу 33492 кДж/м.куб
- вартість води - 5 грн/м³;
- вартість електроенергії 0,7 грн/кВт.год;
- час роботи системи опалення – 180 діб, 4320 годин;
- температура теплоносія у системі – 130⁰С.(температурний графік 130/70)
- температура холодної підживленої води - 10⁰С
- температура у приміщенні згідно з нормативами 22⁰С

Примітка: 1) співвідношення теплотворної спроможності природного газу до умовного палива 1,16 :1

2) натиск у системі підживлення 2,5 МПа, ККД насосу підживлення, 0,85, ККД двигуна 0,95. ККД передачі 1,0. Насос підживлення працює постійно 4320 год на рік.

3) Система працює тільки на опалення. Гарячого водопостачання немає. Середня температура наружного повітря (-1⁰С). Врахувати зміну температури теплоносія згідно температури наружного повітря. Мінімальна температура холодного періоду (-22⁰С)

З метою своєчасного знаходження витоків рекомендовано придбати течешукач вартістю 130 тис. грн. Експлуатаційні витрати складають 25 тис.грн.. Це дозволить скоротити збитки від витоків на 70%. Ставка дисконту 15%. Знайти чисту приведену вартість та простий термін окупності.

Задача 37. Виробництво споживає 800000 кВт.год на рік теплової енергії, за ціною 280 грн/Гкал.

Приєднане середнє часове навантаження розподіляється у такому співвідношенні:

опалення – 6,5 кВт, вентиляція -8,0 кВт.

Вентилятор споживає 80 тис.кВт.год на рік і має постійне число обертів. Вартість електроенергії 0,7 грн/кВт.год. Після обстеження енергоаудитори внесли пропозицію встановити датчик наявності СО₂, який дозволить дозувати необхідну кратність циркулюючого повітря, та скоротити його споживання на 45%. Результати розрахунків показали, що за рахунок зменшення об'єму повітря при встановлені ЧРП споживання електроенергії скоротиться.

Додаткові витрати електроенергії: за рахунок встановлення ЧРП 1 кВт.на год; обслуговування ЧРП - 800 грн/рік. Капітальні витрати на встановлення обладнання – 180000 грн. Вентилятор працює 8000 годин на рік.

Розрахувати термін окупності інвестицій при умові ставки дисконту 24%, а також чисту приведену вартість (ЧПС) через п'ять років експлуатації.

Задача 38. Вибрати більш привабливий проект

Показники	Обозначенн	Варіант А	Варіант В
Споживання ел.енергії. кВт.год	W	142353	69765
Капітальні вкладення у.о.,	K	10000	16000
Нормативний термін служби,, рік	T_n	6	12
Нормативні відрахування на ТО та ТР, %	H_p	5,0	5,0
Вартість Ел.енергії, у.о.	Ц	0,034	0,034
Розрахунковий термін інвестицій	T	12	12

Норма амортизації

0,01

Задача 39. Розрахувати простий термін окупності та доцільність застосування модуля для рекуперації електроенергії при роботі електропривода підйомно - транспортного механізму. Середня активна потужність електропривода в режимі споживання електроенергії - 16 кВт, в генераторному режимі – 11 кВт. Час роботи електропривода за рік – $T = 4100$ годин. Відносна тривалість генераторного режиму – $d = 0,3$. Ккд перетворення модуля в режимі генерації електроенергії - 80%. Вартість покупки та підключення модуля рекуперації складає 16 тисяч гривень, а вартість електричної енергії – $T_{ап} = 1,05$ грн/кВт· год.

Задача 40.

Зробити техніко-економічне обґрунтування застосування для силової промислової установки електродвигуна потужністю 11 кВт з ккд $\eta_1 = 0,88$, вартістю $B_1 = 2800$ грн, або енергоефективного електродвигуна потужністю 11 кВт з ккд $\eta_2 = 0,93$, вартістю $B_1 = 5200$ грн. Пропонується обрати електродвигун для силової промислової установки з потрібною потужністю на валу 8,9 кВт. Час роботи установки за рік складає 4150 годин. Тариф за активну потужність складає $T_{ап} = 1,05$ грн/кВт· год.

Задача 41. Определить перерасход природного газа и его стоимость из-за отсутствия тепловой изоляции на паропроводе.

Исходные данные:

- длина неизолированных участков - l , м

- диаметр паропровода - d , м
- температура поверхности трубы - t , °С
- среднегодовая температура - t_c , °С
- стоимость газа - z , грн/кг
- КПД котельного агрегата – η
- время эксплуатации - τ , ч

Задача 42. Построить рабочую линию насоса для перекачивания воды плотностью $\rho=1000$ кг/м³ и определить рабочие точки при максимальной производительности V_1 , м³/с и при минимальной производительности V_2 , м³/с. Определить КПД системы η_c в этих точках при регулировании расхода задвижкой. Установить срок окупаемости частотного преобразователя для регулирования расхода, если его стоимость (C) выражается зависимостью от потребляемой мощности (N_c). Каждый 1 кВт эквивалентен 750 грн. Время работы при расходе $V_1 - \tau_1$, а при расходе $V_2 - \tau_2$. Общее время работы – τ . Время τ_1 задано в процентах от общего времени работы τ , а $\tau_2 = \tau - \tau_1$. Мощность двигателя насоса N_o , частота вращения двигателя насоса n_o . Стоимость электроэнергии $z=1$ грн/(кВт·ч).

Задача 43. Сравнить стоимость затрат энергии при концентрировании сока от концентрации x_1 , % до концентрации x_2 , %.

- 1) в одноступенчатом выпарном аппарате при q_1
- 2) в двухступенчатом выпарном аппарате при q_2
- 3) в пятиступенчатом выпарном аппарате при q_5
- 4) в криоконцентраторе при q

где q_1, q_2, q_5, q – удельные затраты энергии, МДж/кг.

G – расход сока, кг/с.

Стоимость пара $Z_n = 80$ грн/ГДж.

Стоимость электроэнергии $Z_e = 1$ грн/(кВт ч).

Время работы установок (τ) 220 дней в году по 16 часов.

Задача 44. Определить время эксплуатации, начиная с которого система отопления на основе теплового насоса (ТН) будет экономически более выгодной чем система отопления на основе электрокалорифера.

Площадь помещения – F , м²

Удельные нормы на отопление 1 м² – q , кВт/м²

Коэффициент температурной трансформации ТН – ψ

Стоимость электрической энергии – z_e , грн/кВт ч

Задача 45. Визначити економічну ефективність застосування теплової ізоляції паропроводу. Розрахункова схема ізолюваного паропроводу наведена на рисунку 1.

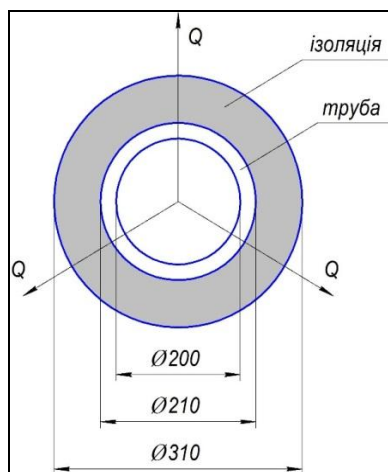


Рис.1. Розрахункова схема ізольованого паропроводу

Вихідні дані: внутрішній діаметр паропроводу $d_1 = 200$ мм; зовнішній діаметр паропроводу $d_2 = 210$ мм; товщина ізоляції (шлаковати) $\delta_{із} = 50$ мм; діаметр паропроводу в ізоляції $d_3 = 310$ мм; довжина паропроводу $l = 100$ м; коефіцієнт тепловіддачі від пари стінці $\alpha_1 = 80$ Вт/(м²·°С); коефіцієнт тепловіддачі від поверхні паропроводу в навколишнє повітря $\alpha_2 = 8$ Вт/(м²·°С); тиск пари в паропроводі $P_{II} = 10 \cdot 10^5$ Па (10 атм); температура перегрітої пари $T_{IIЕ} = 400$ °С.

Фізичні параметри теплоносія та матеріалів: ентальпія перегрітої пари $I_{IIЕ} = 3264,0$ кДж/кг; теплопровідність сталі $\lambda_{ст} = 50$ Вт/(м·°С); теплопровідність шлаковати $\lambda_{із} = 0,07$ Вт/(м·°С); теплота згорання палива (природного газу) $Q_H^{III} = 35$ кДж/м³; коефіцієнт корисної дії котельного агрегату $\eta = 0,9$.

Визначити 1) зменшення втрат теплоти за рахунок ізоляції; 2) річну економію теплоти 3) річну економію палива (природного газу)

Задача 46. Підстанція, яка розміщена на відстані 5 км від головної понижуючої підстанції, живиться по повітряній лінії 10 кВ. Ця лінія виконана з використанням дротів АС50/8 (погонні активний та реактивний опори дроту відповідно складають $r_0 = 0,603$ Ом/км і $x_0 = 0,388$ Ом/км) на дерев'яних типових опорах. Потужність, що передається лінією, дорівнює $1200 + j \cdot 1050$ кВ·А. Визначити потужність конденсаторної батареї, яку необхідно встановити на підстанції паралельно до навантаження, щоб зменшити втрати напруги до рівня $5\% \cdot U_{nom}$.

Задача 47. Розрахувати економію природного газу у результаті "глибокого" охолодження продуктів згорання (вихідних газів) в котельній установці за умови при цьому зниження температури відхідних газів від t_1 до t_2 , якщо продукти згорання видаляються під дією природної тяги (рис.1).

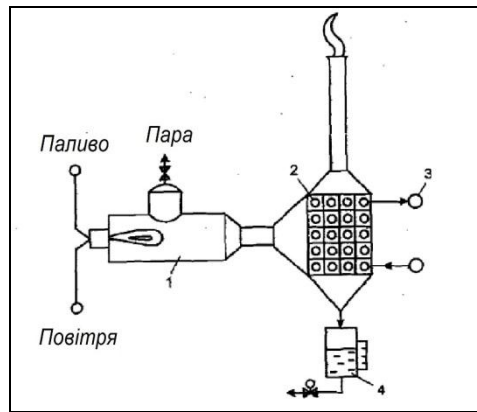


Рис.1. Схема котельної установки для глибокого охолодження продуктів згоряння при природній тязі: 1 – котельна установка; 2 – теплофікаційний економайзер; 3 – теплофікаційна вода; 4 – конденсат

Вихідні дані: витрата продуктів згоряння $V_{II} = 2000 \text{ м}^3/\text{год}$; температура відхідних газів без економайзера $t_1 = 120^\circ \text{C}$; температура відхідних газів після теплофікаційного економайзера $t_3 = 45^\circ \text{C}$; вологовміст продуктів згоряння $d_1 = 110 \text{ г/кг}$; густина продуктів згоряння при нормальних умовах, $\rho_0 = 1,3 - 1,34 \text{ кг/м}^3$; теплоємність триатомних газів, $c = 1,76 \text{ кДж/кг}$; i'' - ентальпія пари, яка міститься в продуктах згоряння $i'' = 2493 \text{ кДж/кг}$; нижча теплота згоряння природного газу, $Q_i' = 35358 \text{ кДж/м}^3$; ККД котельного агрегату $\eta_{ка} = 0,89$; вартість 1 м^3 природного газу, $S_1 = 12 \text{ грн/м}^3$ газу.

Побудова процесів на Id-діаграмі (рис.2):

1. На Id -діаграму наноситься точка 1, що відповідає температурі газів $t_1 = 120^\circ \text{C}$ і вологовмісту $d_1 = 110 \text{ г/кг}$.
2. Проводиться лінія процесу 1-2 до перетину з кривою $\varphi = 100\%$ (точка 2).
3. Проводиться лінія 2-3 по $\varphi = 100\%$ до перетину з ізотермою $t_3 = 45^\circ \text{C}$ (точка 3).

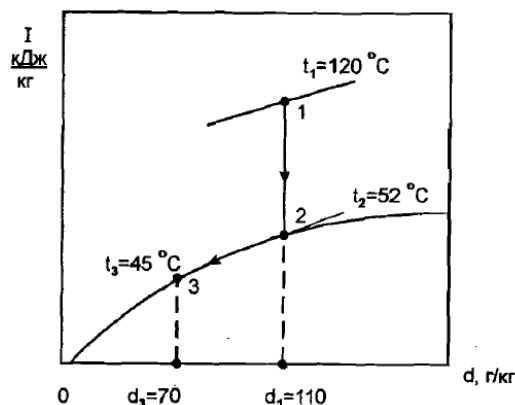


Рис.2. Процес зміни стану продуктів згоряння на Id -діаграмі в котельній установці: 1-2 – охолодження продуктів згоряння; 2-3 – конденсація водяної пари з одночасним охолодженням

Задача 48. Оцінити вплив вологості деревних відходів за умови заміщенні ними природного газу як палива. З цією метою: 1) визначити кількість деревних відходів з вологістю $W_1 = 60\%$, $W_2 = 50\%$, $W_3 = 40\%$, яку необхідно спалити для заміни 1 м^3 природного газу; 2) побудувати та проаналізувати залежність між необхідною витратою деревних відходів для заміщення 1 м^3 природного газу та вологістю вказаних деревних відходів. *Вихідні дані:* нижня теплота згоряння природного газу $Q_{i_r}^r = 34360 \text{ кДж/м}^3$; нижня теплота згоряння сухих деревних відходів $Q_{i_c}^r = 18680 \text{ кДж/кг}$; теплота пароутворення $r = 2500 \text{ кДж/кг}$; ККД вироблення пари: на газі $\eta_1 = 0,92$ і на деревних відходах $\eta_2 = 0,8$.

Задача 49. Районна понижуюча підстанція зв'язана з центром електропостачання одноланцюговою лінією напругою 110 кВ , яка має довжину біля 80 км ($Z_{\text{лин}} = 21 + j \cdot 34 \text{ Ом}$). Розрахункове найбільше навантаження ($\text{МВ} \cdot \text{А}$) підстанції $\dot{S} = 22 + j \cdot 20$. Згідно умов роботи споживачів втрати напруги в лінії при вказаному навантаженні повинні не перевищувати 6% . З метою зменшення втрат напруги в кожну фазу лінії планують послідовно включити однофазні стандартні конденсатори (КС2А-0,66-40) з потужністю 40 квар та напругою $0,66 \text{ кВ}$ (рис.1).

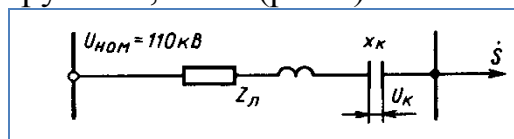


Рис.1 – Схема для визначення потужності батареї конденсаторів.

Визначити необхідну кількість конденсаторів, номінальну напругу і встановлену потужність батареї конденсаторів. Розрахунок виконати без врахування втрат потужності в лінії.

Задача 50. Визначити вартість втрат палива при пошкодженні трубопроводу і витіканні пари в навколишнє середовище. Визначити втрати теплоти та палива (вартість палива за рік), якщо у паропроводі є тріщина розміром $2 \times 10 \text{ мм}$, через яку в навколишнє середовище витікає перегріта пара (в режимі критичного витікання). Паропровід знаходиться під тиском $0,6 \text{ МПа}$ (6 атм). *Вихідні дані:* відношення тисків зовнішнього середовища до тиску в паропроводі, для перегрітої пари - $v_{кр} = 0,546$; питомий об'єм пари - $v'' = 0,3214$; теплота пароутворення - $r = 2086,0 \text{ кДж/год}$; теплота згоряння природного газу, $Q_i^r = 35615 \text{ кДж/м}^3$; ККД спалення природного газу для створення пари $\eta = 0,92$; вартість 1 м^3 природного газу, $k = 12 \text{ грн./м}^3 \text{ газу}$.