

Задача 53. У парогенератор надходить 100 кг води під тиском $p = 1,5 \text{ МПа}$ і при температурі $t_1 = 25^\circ\text{C}$. Визначити:

1. Кількість теплоти, яка потрібна для нагрівання води до температури насичення; для отримання вологої насиченої пари, ступінь сухості якої $x = 0,9$; сухої насиченої пари, перегрітої пари, температура якої $t_{\text{дп}} = 250^\circ\text{C}$.

2. Термічні та калоричні параметри на початку і в кінці пореліченних процесів.

3. Відобразити ці процеси на p - v , T - s , h -діаграмах.

Задача 54. У парогенераторі з води, температура якої $t_1 = 25^\circ\text{C}$, при ставому тиску $p = 1,5 \text{ МПа}$ виробляється $M = 150 \text{ кг/год}$ пари. Коли пара надходить у виробничу камеру, то вона дроселює до атмосферного тиску $p_0 = 0,1 \text{ МПа}$. За допомогою h -діаграми визначити, як змінюється температура у процесі дроселювання, якщо з парогенератора надходить волога насичена пара, ступінь сухості якої $x = 0,95$; суха насичена пара або перегріта пара, температура перегріву якої $t_2 = 300^\circ\text{C}$. Яку кількість теплоти витрачено для отримання вологої насиченої, сухої насиченої і перегрітої пари? Відобразити процеси на h -діаграмі.

Задача 55. Водяна пара масою $m = 1 \text{ кг}$ під тиском $p_1 = 5 \text{ бар}$ при температурі $t_1 = 270^\circ\text{C}$ ізохорно змінює стан до тиску $p_2 = 3 \text{ бар}$, потім ізобарно нагрівається, після чого ізоотермічно повертається у початковий стан. Визначити кількість теплоти, роботу розширення і механічну роботу в кожному процесі. Побудувати графіки процесів на h -діаграмі.

Задача 56. Суха насичена пара масою $m = 1 \text{ кг}$ під тиском $p = 9,81 \text{ бар}$ ізохорно нагрівається до $t = 350^\circ\text{C}$, потім адіабатно розширюється і, нарешті, ізобарно повертається у початковий стан. Визначити зміну калоричних параметрів у кожному з цих процесів. Побудувати графіки процесів на T - s і h -діаграмах.

Задача 57. Суха насичена пара масою $m = 1 \text{ кг}$ під тиском $p_1 = 11 \text{ бар}$ ізохорно нагрівається до температури $t = 500^\circ\text{C}$, потім ізоотермічно розширюється до тиску $p_2 = 5 \text{ атм}$ і після ізобарного стиснення адіабатно повертається у початковий стан. Визначити термічні та калоричні характеристики пари у перехідних точках. Зобразити графічно схему процесів на h -діаграмі.

Задача 58. Пара масою $m = 10 \text{ кг}$ зі ступенем сухості $x = 0,9$ і тиску $p = 1 \text{ МПа}$ нагрівається у процесі $p = \text{const}$ до температури $t_2 = 300^\circ\text{C}$. Знайти початкові і кінцеві параметри пари, кількість теплоти, підведеної у процесі, роботу розширення і зміну внутрішньої енергії. Задачу розв'язати за допомогою h -діаграми.

Задача 59. Перегріта пара адіабатно розширюється від тиску $p_1 = 0,5 \text{ МПа}$ і температури $t_1 = 250^\circ\text{C}$ до тиску $p_2 = 0,05 \text{ МПа}$. Знайти за допомогою h -діаграми параметри пари у початковій і кінцевій точках процесу, роботу розширення, зміну внутрішньої енергії.

Задача 60. Атмосферне повітря ($p_0 = 745 \text{ мм рт.ст.}$), яке має $t_0 = 10^\circ\text{C}$ і $\phi_0 = 80\%$, перш ніж використати для вентиляції приміщення, кондиціонують

нагріванням з наступним вдуванням сухої насиченої пари, тиск якої 1 бар , до $t = 30^\circ\text{C}$ і $\phi = 60\%$. Визначити температуру t_1 повітря після нагрівання, витрату теплоти на попереднє підігрівання повітря і витрату водної пари на 1 кг сухого повітря. Задачу розв'язати аналітично і за допомогою h -діаграми.

Задача 61. Вологе атмосферне повітря ($p_0 = 100 \text{ кПа}$) при $t = 20^\circ\text{C}$ і $\phi = 60\%$ ізобарно нагрівається до $t_2 = 95^\circ\text{C}$ і надходить у сушильну камеру, де при сталій ентальпії охолоджується до $t_3 = 35^\circ\text{C}$. Визначити витрату сухого повітря і теплоту, що припадає на 1 кг вологи, яка видаляється з матеріалу у сушильній камері. Задачу розв'язати аналітично і за допомогою h -діаграми.

Задача 62. Стан вологого повітря при температурі 20°C визначають за допомогою гігрометра, яким вимірюють температуру точки роси 10°C . Визначити відносну вологість ϕ , вологоємність d і ентальпію h вологого повітря ($p_0 = 745 \text{ мм рт.ст.}$).

Задача 63. У вентиляційній системі виробничого приміщення в холодний період року зовнішнє повітря, температура якого $t_{\text{зов}} = -5^\circ\text{C}$ і відносна вологість $\phi_{\text{зов}} = 60\%$, змішується із внутрішнім повітрям приміщення, температура якого $t_{\text{вн}} = 22^\circ\text{C}$, відносна вологість $\phi_{\text{вн}} = 80\%$. Після змішування повітря нагрівається у повітронагрівнику до температури припливного повітря $t_1 = 26^\circ\text{C}$. Масова витрата припливного повітря, кг/год : зовнішнього – $M_{\text{зов}} = 15 \cdot 10^3$, рециркуляційного – $M_{\text{рм}} = 6 \cdot 10^3$. Визначити параметри суміші повітря і кількість теплоти, яка потрібна для його нагрівання. Задачу розв'язати аналітично і за допомогою h -діаграми. Відобразити процеси на h -діаграмі.

Задача 64. Кондиціонер має подати в цех заводу $50\,000 \text{ м}^3$ повітря при температурі $t = 15^\circ\text{C}$ і відносній вологості $\phi = 40\%$. Повітря на вулиці має температуру 0°C і відносну вологість 80% . Визначити, що слід робити, подіючи повітря в цех зволожувати чи підсушувати його? Скільки води слід додатково випарувати або скільки треба відібрати від нього?

Задача 65. Під час роботи відносна вологість повітря в майстерні при температурі $t = 15^\circ\text{C}$ становить $\phi = 50\%$. На скільки може знизитися температура вночі, щоб на металевих предметах не конденсувалася подана пара?

Задача 66. За допомогою психрометра встановили, що в одному приміщенні при $t = 0^\circ\text{C}$ відносна вологість повітря становить $\phi = 90\%$, а в другому при 20°C – 50% . Повітря якого приміщення (іх об'єми однакові) містить більше водної пари?

Задача 67. Допустима вологість повітря у приміщенні музею не повинна перевищувати $\phi = 70\%$. Чи виконується ця вимога, якщо покази мокрого і сухого термометрів психрометра дорівнюють відповідно $t_w = 17^\circ\text{C}$ і $t_d = 21^\circ\text{C}$?

Задача 110. Тонка пластина довжиною $l = 2$ м і шириною $a = 1,5$ м обтікається повільним потоком повітря. Швидкість і температура наближеного потоку дорівнюють відповідно $w_0 = 3$ м/с; $t_0 = 20$ °С. Температура поверхні пластини дорівнює $t_s = 90$ °С. Визначити середній по довжині коефіцієнт теплообігріву і кількість теплоти, що відноситься пластині повітря. Прийняти для повітря при $t_0 = 20$ °С: $\nu = 15,06 \cdot 10^{-6}$ м²/с; $\lambda = 0,026$ Вт/(м·К); $Pr = 0,703$.

Задача 111. Водяний калориметр, який має форму трубки зі зовнішнім діаметром $d = 15$ мм, розміщено у поперечний потік повітря. Повітря має швидкість $w = 2$ м/с, навітряну під кутом 90° до осі калориметра, і середню температуру $t = 20$ °С. При сталому режимі теплового режиму на зовнішній поверхні калориметра встановилася постійна середня температура $t_s = 80$ °С. Визначити коефіцієнт теплообігріву від трубки до повітря і тепловий потік на одиницю довжини калориметра. Прийняти для повітря при $t = 20$ °С: $\nu = 15,06 \cdot 10^{-6}$ м²/с; $\lambda = 0,026$ Вт/(м·К).

Задача 112. У трубі довжиною 10 м і діаметром 25х2 мм тече вода зі швидкістю $w = 0,8$ м/с. Середня температура води $t_s = 60$ °С, стінки труби $t_0 = 40$ °С. Визначити коефіцієнт теплообігріву від води до стінки труби і тепловий потік.

Задача 113. Для забезпечення теплового режиму роботи гідростанції масло у гідробаку охолоджується від температури $t_{01} = 60$ °С до температури $t_{02} = 45$ °С. При температурі 50 °С масова ізобарна теплоємність масла $c_p = 2,135$ кДж/(кг·К), густина $\rho = 875,3$ кг/м³, об'ємна витрата масла 10 л/год, коефіцієнт теплообігріву від масла до труби $\alpha_0 = 30$ Вт/(м²·К). Охолодження здійснюється за допомогою змійовика, зробленого з сталеві труби з зовнішнім діаметром $d_0 = 0,033$ м і внутрішнім $d_i = 0,027$ м. Теплопровідність сталі $\lambda = 46,5$ Вт/(м·К). Температура води, що надходить у змійовик, $t_{11} = 15$ °С, а температура води на виході $t_{12} = 20$ °С. Визначити витрату проточної води і довжину труби у змійовику. Витратами теплоти у змійовику середовище знехтувати. Фізичні властивості води знайти самостійно по довідникам.

Задача 114. По трубі діаметром $d = 40$ мм тече вода зі швидкістю $w = 0,9$ м/с. Температура внутрішньої поверхні труби підтримується постійною $t_{01} = 30$ °С і вода, що рухається по трубі нагрівається від температури на вході $t_{11} = 10$ °С до $t_{12} = 20$ °С на виході. Визначити коефіцієнт теплообігріву від стінки до рідини.

Контрольні питання

1. Термічні параметри стану, рівняння стану ідеального газу.
2. Калоричні параметри стану.
3. Робота і теплота процесу.
4. Теплоємність. Питомі теплоємності. Ізохорна і ізобарна теплоємності. Рівняння Майера.
5. Перший закон термодинаміки в диференціальній і інтегральній формі.
6. Другий закон термодинаміки.
7. Аналіз ізохорного процесу.

7. Зміну ентропії робочого тіла в процесі пароутворення.

8. Питомий об'єм пари на вході в турбіну.

9. Кількість теплоти, необхідної для нагрівання 1 кг води після конденсатора.

10. Відобразити у Ts -координатах цикл ПСУ і теплоту, підведену до робочого тіла у процесі пароутворення.

Задача 86. На вході в турбіну ПСУ пара має температуру $t_1 = 540$ °С. Після розширення в турбіні параметри пари: $x = 0,85$; $p_2 = 0,05$ бар. Визначити:

1. Тиск пари на вході в турбіну. *$p = S(\text{температура})$*
2. Внутрішню енергію пари на вході в турбіну. *$u = h - p \cdot v$*
3. Термічний ККД паросилової установки.
4. Питому теплоту процесу пароутворення.
5. Температуру води після конденсатора.
6. Температуру, за якої пара в турбіні стає сухою насиченою.
7. Питомий об'єм вологої насиченої пари при пароутворенні, якщо $x = 0,8$.
8. Зміну ентропії робочого тіла в конденсаторі.
9. Відобразити у Ts -координатах теплоту, яка необхідна для нагрівання до кипіння 1 кг води після конденсатора.

Задача 87. У пароперегрівнику котлоагрегату суха насичена пара перегрівається від температури $t_0 = 250$ °С до $t_1 = 480$ °С. У турбіні пара розширюється до тиску $p_2 = 0,04$ бар. Визначити:

1. Ступінь сухості пари після розширення в турбіні.
2. Кількість теплоти, підведеної до пари в пароперегрівнику.
3. Кількість теплоти, відведеної від робочого тіла в конденсаторі.
4. Термічний ККД.
5. Роботу пари в турбіні.
6. Зміну внутрішньої енергії пари в турбіні.
7. Температуру води після конденсатора.
8. Тиск, при якому пара в турбіні стає сухою насиченою.

9. Відобразити у Ts -координатах цикл ПСУ і кількість теплоти, необхідної для нагрівання 1 кг робочого тіла від стану на виході із конденсатора до стану на вході у турбіну.

Задача 88. У котлоагрегат надходить вода під тиском $p_1 = 24$ бар. Після турбіни волога пара має параметри: $t_2 = 40$ °С, $x = 0,9$. Визначити:

1. Температуру пари перед турбіною.
2. Ентальпію робочого тіла після конденсатора.
3. Термічний ККД циклу.
4. Теплоту, відведену від робочого тіла в конденсаторі.
5. Внутрішню енергію, за якої пара в турбіні стає сухою насиченою.
6. Зміну питомого об'єму в процесі пароутворення.
7. Теплоту, необхідну для перегрівання в котлоагрегаті пари від стану сухої насиченої до температури t_1 .
8. Відобразити у $p-v$ -координатах цикл ПСУ і позначити роботу циклу.