

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут  
ім. акад. І.С.Гулого**

**Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки**

«До захисту в ЕК»

Директор інституту

\_\_\_\_\_ Сергій БЛАЖЕНКО

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Валентин ПЕТРЕНКО

(підпис)

(ім'я та прізвище)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності \_\_\_\_\_ 144 Теплоенергетика \_\_\_\_\_  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Теплоенергетика та енергоефективні технології \_\_\_\_\_

на тему: Визначення оптимального розподілу навантаження працюючих парогенераторів ТЕЦ цукрових заводів

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ЗТЕ-2-7М

\_\_\_\_\_ Гричелюк Вадим Олександрович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Масліков Михайло Олександрович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я, як здобувач Національного університету харчових технологій, розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2023 р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут  
ім.акад.І.С.Гулого

Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 144 Теплоенергетика

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Теплоенергетика та енергоефективні технології

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ТЕХТ

проф. Петренко В.П.

“11” листопада 2022 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Гричелюка Вадима Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Визначення оптимального розподілу навантаження працюючих парогенераторів ТЕЦ цукрових заводів

керівник роботи: к.т.н., проф. Масліков Михайло Олександрович

( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “11”11.2022 року № 810-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 08.02.2023 року

3. Вихідні дані до роботи:

матеріали переддипломної практики

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ

1. Аналітичний огляд літератури

2. Розроблення моделі розрахунку ТЕЦ

3. Приклад розрахунку оптимального навантаження кожного парогенератора

Висновки

Список використаної літератури

4. Перелік графічного матеріалу

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: 11.11.2022

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний огляд літератури	11.11-21.11.22	Виконано
2	Розроблення моделі розрахунку ТЕЦ	22.11-05.12.22	Виконано
3	Приклад розрахунку оптимального навантаження кожного парогенератора	06.12-10.01.23	Виконано
4	Оформлення кваліфікаційної роботи	30.12-28.01.23	Виконано
5	Оформлення теплової схеми ТЕЦ в САД середовищі	29.01-05.02.23	Виконано

**Здобувач**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Гричелюк В.О.**

(прізвище та ініціали)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**професор Масліков М.О.**

(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

Інформаційний блок		5
Анотація		7
Вступ		9
1	<b>Аналітичний огляд літератури</b>	11
.		
1.1.	ТЕЦ як елемент теплотехнологічного комплексу бурякоцукрового виробництва	11
1.2.	Методика теплового розрахунку ТЕЦ	12
2	<b>Розроблення моделі розрахунку ТЕЦ</b>	21
.		
2.1.	Схема та опис ТЕЦ	21
2.2.	Оптимальні показники ефективності ТЕЦ	22
3	<b>Розрахунок оптимального навантаження кожного парогенератора</b>	25
.		
<b>Висновки</b>		67
<b>Список використаних джерел</b>		68
<b>Додатки</b>		69

## **Інформаційний блок**

### **Актуальність дослідження.**

Енергозбереження є одним з головних напрямків розвитку кожної країни, у тому числі в Україні існує енергетична стратегія, що передбачає одним із заходів – енергозбереження. Тому зменшення витрат палива на енергогенеруючими агрегатами є одним з головних завдань. Разом з цим енергозбереженням дозволяє зменшити обсяг викидів CO<sub>2</sub> в навколишнє середовище, що є актуальним сьогодні.

### **Зв'язок дослідження роботи з науковими програмами.**

Робота виконана у відповідності плану НДР кафедри теплоенергетики та холодильної техніки НУХТ на 2023 р.

### **Мета дослідження.**

Підвищення енергоефективності системи генерації теплової енергії в ТЕЦ цукрового заводу шляхом оптимального розподілу навантаження парогенераторів.

### **Завдання дослідження.**

Розроблено математичну модель ТЕЦ згідно методики розрахунку теплової схеми ТЕЦ та розробити комп'ютерну програму для розподілу навантаження по працюючих парогенераторів.

### **Об'єкт дослідження.**

Система генерації теплової енергії ТЕЦ цукрового заводу.

### **Предмет дослідження.**

Оптимальний розподіл теплового навантаження між парогенераторами ТЕЦ

### **Практичне значення отриманих результатів.**

Одержані результати (комп'ютерну програму розподілу) можна застосовувати при оптимізації роботи парогенераторів ТЕЦ цукрових заводів

### **Особистий внесок магістранта.**

Магістрант:

- здійснив аналітичний огляд літературних публікацій з питань методології розрахунку теплових схем ТЕЦ;

- розробив математичну модель ТЕЦ згідно методики розрахунку теплової схеми ТЕЦ та розробити комп'ютерну програму для розподілу навантаження по працюючих парогенераторів.

### **Публікації.**

За матеріалами магістерського дослідження публікації автора роботи на момент її захисту – відсутні.

### **Структура магістерської роботи.**

Магістерська робота складається із вступу та 3 розділів, висновків. Повний обсяг роботи становить 67 стор.

## Анотація

Магістерська робота спрямована на пошук оптимального розподілу продуктивності діючих парогенераторів при максимальному ККД.

У цьому контексті було зроблено наступне:

1. Розроблено математичну модель ТЕЦ.
2. Розроблено методику розрахунку теплової схеми ТЕЦ.
3. Розроблено комп'ютерну програму для розподілу навантаження по працюючих парогенераторів.

З графічного матеріалу представлено:

теплова схема;

Результати розрахунків з використанням Mathcad Professional 2015, Microsoft Office Excel у табличному і графічному вигляді наведені в записці.

Дипломний проект був виконаний з використанням комп'ютера та оформлений відповідно до ДСТУ 3008-95.

**Ключові слова:** продуктивність парогенератора, модель, тепла схема, ТЕЦ, обчислювальний експеримент

## Annotation

The master's work is aimed at finding the optimal distribution of the productivity of operating steam generators at maximum efficiency. In this context, the following was done:

1. A mathematical model of the CHP was developed.
2. The methodology for calculating the thermal circuit of the CHP was developed.
3. A computer program has been developed for distributing the load among working steam generators.

The graphic material presents:

thermal scheme;

The results of calculations using Mathcad Professional 2015, Microsoft Office Excel in tabular and graphic form are given in the note.

The diploma project was completed using a computer and designed in accordance with DSTU 3008-95.

**Keywords:** steam generator performance, model, thermal scheme, CHP, computational experiment

## Вступ

Котельне господарство на цукрових заводах повинно бути максимально ефективними і тому майже завжди потребує докорінної реконструкції:

- модернізація обладнання,
- автоматизація процесів енергопостачання та спалювання палива,
- будівництво ТЕЦ з парогенераторами, що відповідають сучасним вимогам енергоефективності,
- заходи щодо зменшення споживання пари на власні потреби ТЕЦ.

Загальна питома витрата умовного палива на вироблення цукру-піску з цукрових буряків з роками зменшилася: в середньому з 8,41% у 1975 році до 2,5 % у 2000-ні роки. Незважаючи на значний прогрес у скороченні споживання умовного палива на вітчизняних цукрових заводах, залишається низка проблем. Загалом, багато українських цукрових заводів мають дуже старі парогенератори, які потребують реконструкції або заміни. Це призводить до збільшення виробничих витрат.

Ефективна робота всього теплотехнологічного комплексу (загальна оптимізація) можлива лише тоді, коли всі елементи працюють оптимально (регіональна та локальна оптимізація) [5]. Локальна оптимізація дає результати для регіональної оптимізації, а регіональна оптимізація дає результати для глобальної оптимізації. Цей підхід знаходить оптимальний розподіл теплових і матеріальних потоків у комплексі шляхом оптимізації загальних вхідних/вихідних параметрів кожного елемента. Це досягається завдяки детальному і ретельному вивченню процесів, що відбуваються в кожному елементі обладнання комплексу.

Основне призначення ТЕЦ – забезпечувати парою і електричною енергією споживачів та для задоволення власних потреб. Ефективна робота ТЕЦ, що виробляє теплову та електричну енергію, значною мірою залежить від навантаження на парогенератор і парову турбіну. Завдання моделювання полягає в тому, щоб знайти оптимальний розподіл продуктивності працюючих парогенераторів таким чином, щоб задовольнити попит

споживачів на теплову та електричну енергію і зберегти максимальну ефективність.

Для цього використовується залежність  $\eta = f(D_{\text{пр}})$ , яка була знайдена емпіричним шляхом при випробуваннях парогенераторів. Модель знаходить оптимальні навантаження для кожного парогенератора і турбогенератора, залежно від схеми, таким чином, щоб середньо зважений ККД  $\eta_{\text{пр}}$  парогенераторів був максимальним.

На основі розробленої моделі було створено комп'ютерну програму за допомогою математичного інтерпретатора Mathcad Professional 2015 для розрахунку всіх параметрів ТЕЦ. Ця модель і програма можуть бути використані для проведення комп'ютерних експериментів.

# 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

## 1.1. ТЕЦ як елемент теплотехнологічного комплексу бурякоцукрового виробництва

Харчова промисловість різноманітна, але чи є інша галузь, де теплові процеси так широко використовуються і відіграють таку важливу економічну і технологічну роль, як у цукровій промисловості - ТЕЦ є двигуном цукрових заводів, забезпечуючи тепловою і електричною енергією всіх споживачів.

Потужні промислові підприємства, що працюють 24 години на добу і споживають велику кількість тепла (хімічні заводи, нафтопереробні заводи, металургійні комбінати), мають потужні ТЕЦ. Для підприємств, які споживають невеликі обсяги тепла та електроенергії на відстані від промислових центрів та електростанцій, наявність власного джерела енергопостачання може бути економічно вигідною.

Парогенератори є основним джерелом тепла та електроенергії. Їх кількість і паропроодуктивність залежать від продуктивності самої установки. Більша частина високопотенційної (перегрітої) пари використовується турбінами для виробництва електроенергії. Частина, що залишилася, направляється на парогенератори, залежно від потреби в парі з вищим тиском, ніж у відпрацьованої пари.

Відпрацьована пара після парових турбін та пара після РОУ параметрів  $p_t, t_t$  у кількості  $D_{техн}$  використовується на такі технологічні потреби [1, 4]:

На випарну станцію у кількості, що дорівнює витраті пари на перший корпус,  $D_{вип} = DI$ ;

На інші споживачі пари у кількості  $D_{різн}$ : підігрівник перед випаркою, сушарка цукру, прошпарювання вакуум-апаратів, центрифуг, клеровку,  $D''_{техн} = D_{вип} + D_{різн}$ ;

На продування різок парою параметрів ( $p = 8 \text{ ата}, t = 200 \text{ }^\circ\text{C}$ ),  $D_p$

Таким чином, розрахункова зведена витрата пари на технологічні потреби:

$$D'_{техн} = D''_{техн} + D_p \cdot (i_p/i_m), \quad (1.1)$$

де  $i_p, i_m$  – ентальпія пари, що надходить на продування різок та пари після турбіни і РОУ.

## 1.2. Методика теплового розрахунку ТЕЦ

Проектування промислового термоелектричного джерела теплопостачання вимагає ряду дуже важливих етапів, включаючи вибір, розробку і розрахунок основної теплової схеми для ТЕЦ..

Тобілевич Н.Ю. [2, 6] запропонував методику теплового розрахунку ТЕЦ. Розрахунок полягає в визначенні витрат пари і гарячої води на зовнішнє і внутрішнє теплоспоживання.

Основою для проектування теплових схем когенераційних установок на промислових підприємствах і подальшої експлуатації теплових електростанцій є теплове та електричне навантаження, тобто часова потреба об'єкта в тепловій та електричній енергії. Для теплового розрахунку ТЕЦ потрібні такі вихідні дані:

Тип парогенераторів, тип парової турбіни, теплове навантаження підприємства по технологічній парі  $Q_{техн}$ , тиск технологічної пари на вході в підприємство  $P_{техн}$ , температура технологічної пари на вході в підприємство  $T_{техн}$ , температура зворотного конденсату  $T_{зк}$ , електрична потужність споживачів електроенергії підприємства  $W_{техн}$ , паливо, убиток води з тепломережі  $G_{уб.тм}$ , теплове навантаження системи опалення  $Q_{оп}$ , теплове навантаження системи гарячого водопостачання  $Q_{гвп}$ , витрата гострої пари на стороннє споживання  $D_{стор.о}$ , код зв'язку ТЕЦ з енергосистемою SYST.

## РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ТЕЦ

Розрахунок проведемо згідно методики [2, 6].

- Визначення потрібного сумарного електричного навантаження турбогенератора, кВт

$$W_{\text{потр}} = W_{\text{техн}} + W_{\text{вл.п}} + W_{\text{ком.п}} + W_{\text{стор}}, \quad (1.2)$$

де  $W_{\text{вл.п}}$  - електричне навантаження власних потреб ТЕЦ. Приймається в межах 8-12% від усієї виробленої турбогенератором потужності :

$$W_{\text{вл.п}} = (0,08 - 0,12) \cdot W_{\text{ген}}, \quad (1.3)$$

- Визначення сумарну потребу споживачів в технологічній парі. В рівняння включаються всі споживачі, яким намічено подати цю пару, т/год

$$D_{\text{потр}} = D_{\text{техн}} + D_0 + D_{\text{бойл}} + D_{\text{пгвс}} + D_{\text{псв}} + D_{\text{пхв}}. \quad (1.4)$$

- Визначення типорозміру та число (шт) встановлюваних турбоагрегатів з існуючого ряду їх потужностей  $W_{(\text{ном})} = 2,5; 4,0; 6,0; 12,0;$  МВт

$$N_{\text{т.а}} = W_{\text{пот}} / W_{\text{ном}}, \quad (1.5)$$

де  $W_{\text{ном}}$  номінальна електрична потужність вибраного типорозміру турбоагрегату.

Розрахунок енергоносіїв у системі турбоустановки.

- ТЕЦ має зв'язок з енергосистемою

У цьому випадку є можливість завантажити встановлені турбоагрегати практично до номінальної потужності, надлишок виробленої потужності відпускати в енергосистему, недостачу - покривати прийманням її від енергосистеми.

Розрахунок турбоустановки виконується в такій послідовності:

- встановлення фактичної потужності турбоагрегатів, кВт

$$W_{\text{ген}} = (0,85 - 0,95) \cdot W_{\text{ном}}; \quad (1.6)$$

- визначення витрати гострої та відпрацьованої пари на парову турбіну, т/год

$$D_{\text{т.о}} = 3,6 \cdot W_{\text{ген}} / [(I_0 - I_{\text{ка}}) \cdot \text{KKD}_{\text{ор}} \cdot \text{KKD}_{\text{oi}} \cdot \text{KKD}_{\text{ем}}]; \quad (1.7)$$

$$D_n = D_{\text{т.о}}; \quad (1.8)$$

- визначення витрати охолодженої після ОУ технологічної пари, т/год

$$D_{oy} = D_n \cdot J_{oy}. \quad (1.9)$$

Якщо одержано  $D_{(oy)} > D_{(nomp)}$ , тобто кількість відпрацьованої пари перевищує потребу, виникає вихлоп надлишку відпрацьованої пари в атмосферу. Щоб запобігти втратам пари та теплоту потрібно зменшити електричне навантаження турбоагрегату нижче прийнятого. Далі розрахунок продовжується у такій послідовності:

- визначення кількості охолодженої після ОУ відпрацьованої пари, т/год

$$D_{oy} = D_{nomp}; \quad (1.10)$$

- розрахунок зменшеної кількості відпрацьованої пари з турбіни, т/год

$$D_{п} = D_{oy} / J_{oy}; \quad (1.11)$$

- визначення витрати охолоджувальної води на ОУ, т/год

$$G_{oy} = D_{oy} - D_n; \quad (1.12)$$

- визначення кількості дренажу з ОУ, т/год

$$G_{oy.др} = (K_{oy} - 1) \cdot G_{oy}; \quad (1.13)$$

- визначення уточненої витрати гострої пари на турбіну, т/год

$$D_{m.o} = D_n; \quad (1.14)$$

- визначити уточнену електричну потужність турбоагрегатів, кВт

$$W_{ген} = D_{m.o} \cdot [(I_o - I_{ка}) \cdot KKD_{др} \cdot KKD_{oi} \cdot KKD_{ем}] / 3,6. \quad (1.15)$$

- визначення відпущеної електричної потужності від ТЕЦ в енергосистему, кВт

$$W_{сист(+)} = W_{ген} - W_{номр}. \quad (1.16)$$

Якщо одержано  $W_{(сист)} < 0$ , це означає, що відпускання електроенергії в енергосистему неможливе. В цьому випадку потрібно визначити приймання електроенергії від енергосистеми, кВт.

$$W_{сист(-)} = W_{номр} - W_{ген}. \quad (1.17)$$

При цьому парова турбіна повністю забезпечує потребу споживачів у технологічній парі і потреба в постійно діючій РОУ1 не виникає. РОУ1 відключається, всі параметри роботи РОУ1 дорівнюють 0.

$$D_{poyl} = 0; D_{poyl.o} = 0; G_{poyl} = 0; G_{poyl.op} = 0; K_{poyl} = 0; J_{poyl} = 0;$$

Якщо  $D_{oy} < D_{нотр}$ , тобто кількість відпрацьованої пари менша потреби, виникає необхідність встановлення РОУ1. Електрична потужність та витрата пари в системі турбоагрегатів.

- визначення продуктивності РОУ1, т/год

$$D_{poyl} = D_{нотр} - D_{oy}; \quad (1.18)$$

- визначення витрати гострої пари на РОУ-1, т/год

$$D_{poyl.o} = D_{poyl} / J_{poyl} \quad (1.19)$$

- визначення витрати охолоджувальної води на РОУ-1, т/год

$$G_{poyl} = K_{poyl} \cdot (D_{poyl.o} - D_{poyl}); \quad (1.20)$$

- визначення кількості дренажу з РОУ-1, т/год

$$G_{poyl.op} = (K_{poyl} - 1) \cdot G_{poyl} / K_{poyl}. \quad (1.21)$$

ТЕЦ не має зв'язку з енергосистемою

В цьому випадку турбоагрегати мають можливість працювати тільки з потрібною споживачам електричною потужністю. Приймання або відпускання електроенергії з енергосистеми відсутні

$$W_{cuct} = 0.$$

Розрахунок турбоустановки виконати в такій послідовності:

- визначення фактичної електричної потужності турбоагрегатів, кВт:

$$W_{ген} = W_{нотр}; \quad (1.22)$$

- визначення витрати гострої та відпрацьованої пари парової турбіни, т/год

$$D_{m.o} = 3,6 \cdot W_{ген} / [(I_o - I_{ка}) \cdot KKD_{op} \cdot KKD_{oi} \cdot KKD_{em}]; \quad (1.23)$$

$$D_n = D_{m.o}; \quad (1.24)$$

- визначення витрати охолодженої після ОУ пари (технологічної пари), т/год

$$D_{oy} = D_n \cdot J_{oy}. \quad (1.25)$$

Якщо одержано  $D_{oy} > D_{нотр}$ , тобто кількість відпрацьованої пари перевищує потребу, виникає вихлоп надлишку відпрацьованої пари в атмосферу. Щоб уникнути втрат пари та теплоти необхідно зменшити

електричне навантаження турбоагрегату. Розрахунок продовжується в такій послідовності:

- розрахування зменшеної кількості охолодженої відпрацьованої пари, т/год

$$D_{oy} = D_{nomp}; \quad (1.26)$$

- розрахування зменшеної кількості відпрацьованої пари з турбіни, т/год

$$D_n = D_{oy} / J_{oy}; \quad (1.27)$$

- визначення витрати охолоджувальної води на ОУ, т/год

$$G_{oy} = K_{oy} \cdot (D_{oy} - D_n); \quad (1.28)$$

- визначення кількості дренажу з ОУ, т/год

$$G_{oy.dp} = (K_{oy} - 1) \cdot G_{oy} / K_{oy}; \quad (1.29)$$

- визначення зменшеної витрати гострої пари на турбіну, т/год

$$D_{m.o} = D_n; \quad (1.30)$$

- розрахування зменшеного електричного навантаження турбоагрегатів, кВт

$$W_{ген} = D_{m.o} \cdot [(I_o - I_{ка}) \cdot KKD_{op} \cdot KKD_{oi} \cdot KKD_{em}] / 3,6. \quad (1.31)$$

Якщо одержано  $D_{oy} < D_{nomp}$ , тобто кількість відпрацьованої пари менша за потребу, виникає необхідність встановлення РОУ1. Електрична потужність та витрата пари в системі турбоагрегатів лишаються на визначеному рівні.

- Визначення продуктивності РОУ-1, т/год

$$D_{poyl} = D_{nomp} - D_{oy}; \quad (1.32)$$

- визначення витрати гострої пари на РОУ-1, т/год

$$D_{poyl.o} = D_{poyl} / J_{poyl}; \quad (1.33)$$

- визначення витрати охолоджувальної води на РОУ-1, т/год

$$G_{poyl} = K_{poyl} \cdot (D_{poyl.o} - D_{poyl}); \quad (1.34)$$

- визначення кількості дренажу з РОУ-1, т/год

$$G_{poyl.dp} = (K_{poyl} - 1) \cdot G_{poyl} / K_{poyl}; \quad (1.35)$$

Розрахунок параметрів роботи РОУ ВП:

продуктивність РОУ ВП (в рівняння включаються витрати пари на всі споживачі, на які вирішено подавати вказану пару) , т/год

$$D_{роу.вп} = D_{маз} + D_{нет}; \quad (1.36)$$

де  $D_{нет}$  - витрата грійної пари на ПВТ

- витрата гострої пари на РОУ ВП, т/год

$$D_{роу.вп.о} = D_{роу.вп} / J_{роу.вп}; \quad (1.37)$$

- витрата охолоджувальної води на РОУ ВП, т/год

$$G_{роу-вп} = K_{роу.вп} \cdot (D_{роу.вп.о} - D_{роу.вп}); \quad (1.38)$$

- кількість дренажу з РОУ-ВП, т/год

$$G_{роу.вп.др} = (K_{роу.вп} - 1) \cdot G_{роу.вп} / K_{роу.вп}; \quad (1.39)$$

- Розрахунок витрати пари з парових котлів, т/год

$$D_{нз} = D_{т.о} + D_{роул.о} + D_{роу.вп.о} + D_{втрат.о} + D_{стоп.о}; \quad (1.40)$$

де  $D_{втрат}$  - спадання гострої пари в системі ТЕЦ, зумовлене нещільністю паропроводів. Приймається 0.5-1% від загально, кількості виробленої пари, т/год,

$$D_{втрат} = (0,005 - 0,01) \cdot D_{нз}; \quad (1.41)$$

- Розрахунок подачі живильної води на парогенератори та витрату грійної пари на ПВТ, т/год

$$G_{нз} = (1 + A_{прод}) \cdot D_{нз}; \quad (1.42)$$

$$D_{нет} = 1.03 G_{нз} \cdot 4,2 \cdot (T_{жв} - T_{д}); \quad (1.43)$$

- Розрахунок параметрів роботи РБП:

- величину безперервного продування парогенераторів, т/год

$$G_{прод} = A_{прод} \cdot D_{нз}; \quad (1.44)$$

- кількість пари самовипаровування з РБП, т/год

$$D_{рбп} = G_{прод} \cdot (I_{кв} - I_{рбп.в}) / (I_{рбп.н} - I_{рбп.в}); \quad (1.45)$$

- кількість залишкової продувальної води з РБП, т/год

$$G_{прод.др} = G_{прод} - D_{рбп}; \quad (1.46)$$

- Розрахунок параметрів роботи РДНТ:

- сумарна кількість конденсатів та дренажів, що надходить в РДНТ, т/год

$$G_{рднт.с} = \sum (G_i), \quad (1.47)$$

де  $G_i$  - кількість кожного потоку конденсатів та дренажів, що надходять у РДНТ;

- кількість пари самовипаровування з РДНТ, т/год

$$D_{рднт} = G_{рднт.с} \cdot (4,2 \cdot T_{рднт.с} - I_{рднт.в}) / (I_{рднт.п} - I_{рднт.в}); \quad (1.48)$$

де  $T_{рднт.с}$  середньозважена температура потоків, що надходять в РДНТ

- кількість дренажів та конденсатів на виході з РДНТ, т/год

$$G_{рднт} = G_{рднт.с} - D_{рднт}; \quad (1.49)$$

- Розрахунок параметрів роботи БЧД:

- сумарна кількість конденсатів та дренажів, що надходить в БЧД, т/год

$$бчд.с = \sum (G_i), \quad (1.50)$$

де  $\sum (G_i)$  - кількість кожного потоку конденсатів та дренажів, що надходять у БЧД.

- кількість пари самовипаровування з БЧД, т/год

$$D_{бчд} = G_{бчд.с} \cdot (4,2 \cdot T_{бчд.с} - I_{бчд.в}) / (I_{бчд.п} - I_{бчд.в}); \quad (1.51)$$

де  $T_{бчд.с}$  - середньозважена температура потоків, що надходять в БЧД

- кількість дренажів та конденсатів на виході з БЧД, т/год

$$G_{бчд} = G_{бчд.с} - D_{бчд}; \quad (1.52)$$

- Визначення повної кількості живильної води на виході з деаератора, т/год

$$G_{жв} = G_{пг} + G_{оу} + G_{роул} + G_{роу-вп} + G_{підж.тм}; \quad (1.53)$$

- Визначення кількості випару з деаератора ( на рівні нормативного), т/год

$$D_{вип} = A_{вип} \cdot G_{жв}; \quad (1.54)$$

- Визначення сумарного спадання пари, конденсатів, дренажів, що виводяться з системи ТЕЦ, т/год

$$G_{уб.тец} = D_{техн} + D_{техн.в} + D_{стор.о} + D_{маз} + G_{рбп} + D_{вип} + D_{бчд} + D_{втрат} + G_{уб.тм}; \quad (1.55)$$

- Визначення розрахункової кількості хімічно очищеної води, для компенсації втрат робочого тіла в системі ТЕЦ, т/год

$$G_{xв.p} = G_{xв.реж} + G_{уб.тец} - G_{з.к}; \quad (1.56)$$

Якщо одержано  $G_{xв.p} > 0$ , це означає, що існує потреба ТЕЦ в хімічно очищеній воді, тобто кількість зворотного конденсату недостатня для компенсації втрат робочого тіла ТЕЦ.

В цьому випадку:

- Потрібно прийняти кількість хімічно очищеної води для подавання на деаератор, т/год

$$G_{xв} = G_{xв.p}; \quad (1.57)$$

- визначення потрібної для ТЕЦ кількості зворотного конденсату (потрібен весь зворотній конденсат), т/год

$$G_{зк.потр} = G_{зк} + G_{зк.в}; \quad (1.58)$$

Якщо одержано  $G_{xв.p} < 0$ , це означає, що потреби ТЕЦ в хімічно очищеній воді не існує, тобто кількість зворотного конденсату перевищує потребу ТЕЦ.

В цьому випадку:

- потрібно прийняти кількість хімічно очищеної води, для потреби підтримання лужного режиму котлової води, т/год

$$G_{xв} = G_{xв.реж}; \quad (1.59)$$

- визначення потрібної для ТЕЦ кількості зворотного конденсату, т/год

$$G_{зк.потр} = G_{уб.тец} - G_{xв}; \quad (1.60)$$

- визначення надлишку зворотного конденсату, що повертається з ТЕЦ на промислове підприємство, т/год

$$G_{зк.надл} = G_{зк} + G_{зк.в} - G_{зк.потр}. \quad (1.61)$$

- Визначення кількості сирової води на станцію ХВО, т/год

$$G_{св} = G_{xв}, \text{ т/год.} \quad (1.62)$$

- Визначення витрати пари на підігрівник хімічно очищеної води перед деаератором та конденсату з його грійучої камери, т/год

$$D_{пхв} = 1,05 \cdot G_{xв} \cdot 4,2 \cdot (T_{xв.д} - T_{xв}) / (I_{ср.п} - I_{конд}); \quad G_{пхв} = D_{пхв}. \quad (1.63)$$

- Визначення витрати пари на підігрівник сирії води перед ХВО та вихід конденсату з його гріючої камери, т/год

$$D_{нсв} = 1,05 \cdot G_{св} \cdot 4,2 \cdot (T_{св.т} - T_{св}) / (I_{гр.п} - I_{конд}); \quad (1.64)$$

$$G_{нсв} = D_{нсв}. \quad (1.2)$$

- Визначення витрати пари на деаератор, т/год

$$D_{\delta} = 1,03 \cdot [G_{жсв} \cdot 4,2 \cdot T_{\delta} + D_{вип} \cdot I_{вип} - \sum (G_i \cdot 4,2 \cdot T_i) - \sum (D_i \cdot I_i)] / I_{гр.п} - 4,2 \cdot T_{\delta} \quad (1.65)$$

де  $G_i$  - потоки конденсатів, дренажів, води;  $D_i$  - потоки пари;  $T_i$  - температура потоків конденсатів, води;  $I_i$  - ентальпія потоків пари, що надходять в деаератор;  $I_{гр.п}$  - ентальпія грійної пари деаератора.

- Розрахунок відносної похибки у визначенні витрати грійної пари на деаератор, т/год

$$\%D_{\delta} = 100 \cdot [D_{\delta(i+1)} - D_{\delta(i)}] / D_{\delta(i+1)}, \quad (1.66)$$

де  $D_{\delta(i)}$  та  $D_{\delta(i+1)}$  - значення, одержані відповідно в попередньому і наступному наближенні.

Якщо одержано  $\%D_{\delta} > 5 \%$  слід здійснити ще одне наближення, тобто повторити розрахунок, починаючи з п. 3 Методики, підставивши у відповідні рівняння визначені у попередньому уточненні значення  $D_{\delta}$ ,  $D_{нсв}$ ,  $D_{пхв}$ .

Якщо одержано  $\%D_{\delta} < 5 \%$ , в подальших наближеннях немає потреби. Всі параметри, визначені розраховані з достатньою точністю.

## 2. РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ РОЗРАХУНКУ ТЕЦ

### 2.1. Схема та опис ТЕЦ

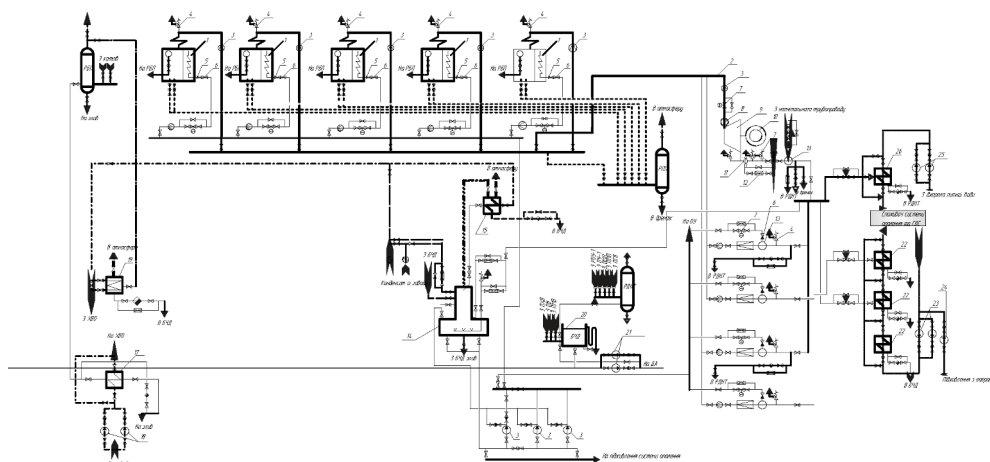


Рис.2.1

Специфікація обладнання теплової схеми ТЕЦ (рис.2.1):

1. Парогенератор
2. Паровий колектор
3. Дросельний витратомірний пристрій
4. Запобіжний клапан
5. Засувка запірна
6. Зворотній клапан
7. Регулююча засувка з електроприводом
8. Стопорний клапан турбіни
9. Парова турбіна
10. Генератор
11. Лінзовий компенсатор
12. Конденсатовідвідник
13. Охолоджувальна установка
14. Деаератор

15. Охолоджувач випару
16. Центробіжні насоси
17. Підігрівник сирої води
18. Насоси для перекачки сирої води
19. Підігрівник хімоочищеної води
20. Бак чистих дренажів
21. Насос для перекачки дренажів
22. Основний підігрівник системи опалення
23. Насоси системи опалення
24. Підживлюючі насоси
25. Насоси системи ГВП
26. Підігрівник системи ГВП

## **2.2. Оптимальні показники ефективності ТЕЦ.**

Як зазначалося вище, ТЕЦ забезпечує теплом та електроенергією всіх споживачів цукрового заводу; пара від ТЕЦ використовується майже на всіх етапах виробництва цукру. Таким чином, ефективна робота всього цукрового заводу залежить від ефективності роботи ТЕЦ.

Останніми роками на ТЕЦ проводиться модернізація та вдосконалення (автоматизація процесів енергопостачання та спалювання палива, оновлення обладнання та заходи зі зменшення споживання пари на місці).

Середній ККД – бруто парогенераторів ТЕЦ в результаті по промисловості виріс з 71% до 87,5% (ККД парогенераторів, які працюють на газі зріс до 90-92%, на мазуті до 87-88%).

В свою чергу підвищення ККД парогенераторної установки на 10 -12% визначає в умовах роботи цукрового заводу економію умовного палива до 0,6 – 0,8% до маси переробленого буряку.

Тому були створені різні методики [1, 3, 4] теплового розрахунку ТЕЦ за допомогою яких розраховувались і оптимальні показники ефективності її роботи:

Загальна витрата теплоти на ТЕЦ

$$Q_0 = D_{nz} \cdot (I_{nn} - I_{жв}) + a_{прод} \cdot D_{nz} \cdot (I_{кв} - I_{жв}) \quad (2.1)$$

Витрата теплової енергії на переробку буряків:

$$Q_{мехн} = D_{мехн} \cdot (I_{оу} - \beta_{зк} \cdot I_{зк}) + D_{різк} \cdot I_{роувп} + D_{к} \cdot I_{nn} \quad (2.2)$$

Питома витрата теплової енергії на переробку буряків

$$q_{мехн} = \frac{Q_{мехн}}{A_{зав}} \quad (2.3)$$

Питома витрата пари на переробку буряків

$$d_{m0} = \frac{\kappa_r \cdot \left[ D_{бу} + D_{різн} + D_{різк} \cdot \frac{I_{роувп}}{I_{оу}} + D_{к} \cdot \left( \frac{I_{nn}}{I_{оу}} - 1 \right) \right]}{A_{зав}} \quad (2.4)$$

ККД турбоустановки за виробленою електроенергією

$$\eta_{my.e} = \frac{\sum_i (W_{факт_i} \cdot \eta_{e_i} \cdot \eta_{m_i})}{\sum W_{факт}} \quad (2.5)$$

ККД турбоустановки за виробленою тепловою енергією

$$\eta_{my.m} = \eta_{mn} \quad (2.6)$$

ККД ТЕЦ за виробленою електричною енергією

$$\eta_{ТЕЦ.e} = \eta_{nz} \cdot \eta_{my.e} \cdot \eta_{mn} \quad (2.7)$$

ККД ТЕЦ за виробленою тепловою енергією

$$\eta_{ТЕЦ.m} = \eta_{nz} \cdot \eta_{my.m} \cdot \eta_{mn} \quad (2.8)$$

Питома витрата умовного палива на вироблення теплової енергії

$$b_m = \frac{143}{\eta_{ТЕЦ.m}} \quad (2.9)$$

Питома витрата умовного палива на вироблення електричної енергії

$$b_e = \frac{123}{\eta_{ТЕЦ.e}} \quad (2.10)$$

Витрата умовного палива на ТЕЦ

$$B_{\text{ТЕЦ} \cdot y} = \frac{Q_0}{Q_{ny} \cdot \eta_{nz}} \quad (2.11)$$

Витрата фактичного палива на ТЕЦ

$$B_{\text{ТЕЦ} \cdot \phi} = B_{\text{ТЕЦ} \cdot y} \cdot \frac{Q_{ny}}{Q_{н.р}} \quad (2.12)$$

Питома витрата умовного палива на відпущену електроенергію

$$b_{e.відн} = b_e \cdot K_{вн.е} \quad (2.13)$$

Питома витрата умовного палива на відпущену теплову енергію

$$b_{m.відн} = b_m \cdot K_{вн.м} \quad (2.14)$$

Питома витрата електроенергії на переробку цукрових буряків

$$W_{\text{техн}} = \frac{W_{\text{техн}}}{A_{зав}} \quad (2.15)$$

Питома витрата умовного палива на вироблення електроенергії для переробки цукрових буряків

$$b_{ум.е} = b_e \cdot W_{\text{техн}} \quad (2.16)$$

Питома витрата умовного палива на вироблення теплової енергії для переробки цукрових буряків

$$b_{ум.т} = b_m \cdot q_{\text{техн}} \quad (2.17)$$

### 3. РОЗРАХУНОК ОПТИМАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ КОЖНОГО ПАРОГЕНЕРАТОРА

#### Загальнозаводські дані

Продуктивність заводу .....  $A := 7000 \cdot \frac{T}{\text{доб}}$   $A = 291.667 \frac{T}{\text{год}}$

`WRITEPRN("trans\A.txt") :=  $\frac{A}{\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}}$`

Коефіцієнт нерівномірності роботи заводу .....  $k_r := 1.03$

`WRITEPRN("trans\k_r.txt") :=  $k_r$`

Ознака типу розрахунку (1- повірковий, 0- констр.).....  $k_{roz} := 0$

`WRITEPRN("trans\k_roz.txt") :=  $k_{roz}$`

Тип дифузійної установки: 1- колонна, 2 - пох.шнекова, 3-ротац. ....  $typ\_d := 2$

`WRITEPRN("trans\typ_d.txt") :=  $typ\_d$`

Схема очищення дифсоку: 0 - класична (з гарячою попередньою і основною дефекацією); 1 - типова (з теплою попередньою, холодною і гарячою дефекацією) ; 2 - з видаленням осаду не цукрів до основної дефекації  $k_{оч} := 1$

`WRITEPRN("trans\k_oth.txt") :=  $k_{оч}$`

Схема уварювання утфеля: 2 - двохпродуктова, 3 – трьохпродуктова  $k_{пр} := 3$

`WRITEPRN("trans\k_pr.txt") :=  $k_{пр}$`

Підігрівник 1гр дефекованого соку гріється конденсатом хвостових корпусів -  $k1=1$ , ні  $k1=0$

$k1 := 1$

`WRITEPRN("trans\k1.txt") :=  $k1$`

Підігрівник 1гр соку перед 2 сат. гріється конденсатом -  $k2=1$ , ні  $k2=0$

$k2 := 1$

`WRITEPRN("trans\k2.txt") :=  $k2$`

$k3 := 1$

Підігрівник 1гр соку перед ВУ гріється конденсатом -  $k3=1$ , ні  $k3=0$

`WRITEPRN("trans\k3.txt") :=  $k3$`

Тип випарної установки: 1 - 4кк , 2 - 4к , 3 - 5к , 4 - 4птр , 5 - 5птр  $typ\_vu := 3$   
`WRITEPRN("trans\typ_vu.txt") := typ_vu`

Схема відведення к-ту: 1 - 5з3в, 2 - 5з2в, 3 - 5з  $sh\_kond := 1$   
`WRITEPRN("trans\sh_kond.txt") := sh_kond`

Тривалість роботи ВУ без виварювання.....  $\tau := 90$ доб  
`WRITEPRN("trans\tau.txt") :=  $\tau \cdot c^{-1}$`

К.к.д. котельної установки (перше наближення).....  $\eta_{ку} := 0.9$   
`WRITEPRN("trans\eta_ku.txt") :=  $\eta_{ку}$`

К.к.д. трубопроводів (0,85...0,92) .....  $\eta_{тр} := 0.9$   
`WRITEPRN("trans\eta_tr.txt") :=  $\eta_{тр}$`

Теплота згорання умовного палива  $Q_{пу} := 7000 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$   
`WRITEPRN("trans\ku_pu.txt") :=  $Q_{пу} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{МДж}}$`

Коеф. перерахунку вапняку у вапняковий камінь .....  $K_{вк} := 2.08$   
`WRITEPRN("trans\k_vk.txt") :=  $K_{вк}$`

Питома витрата умовного палива на випалювання вапняку (1 наблж. або фактична)  $K_{п.вв} := 0.55\%$   
`WRITEPRN("trans\k_p_vv.txt") :=  $K_{п.вв}$`

Питома теплота згорання натурального

палива на випалювання вапняку (кокс-6300, вугілля - 4900)  $Q_{п.вв} := 6300 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$   
`WRITEPRN("trans\Q_p_vv.txt") :=  $Q_{п.вв} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{ккал}}$`

Питомі витрати палива на:

пробу і пуск -  $b_{т1} := 0.281\%$  ;

виварку випарки -  $b_{т2} := 0.14\%$  ;

фуговку -  $b_{т3} := 0.187\%$  ;

простої -  $b_{т4} := 0.15\%$

`WRITEPRN("trans\b_t1.txt") :=  $b_{т1}$  WRITEPRN("trans\b_t2.txt") :=  $b_{т2}$`

`WRITEPRN("trans\b_t3.txt") :=  $b_{т3}$`

`WRITEPRN("trans\b_t4.txt") :=  $b_{т4}$`

Ентальпії пари: на бурякорізки .....  $i_p := 2778 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$   
 $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\i_r.txt"}) := i_p \cdot \text{кг} \cdot \text{кДж}^{-1}$

гострої .....  $i_0 := 2778 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$   
 $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\i_0.txt"}) := i_0 \cdot \left( \frac{\text{кг} \cdot \text{кДж}^{-1}}{\text{кг}} \right)$   $r_{\text{п}} := 2260 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

Питома теплота конденсації технологічної пари .....  
 $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\r_p.txt"}) := r_{\text{п}} \cdot \left( \frac{\text{кг} \cdot \text{кДж}^{-1}}{\text{кг}} \right)$

Коефіцієнт кратності випаровування на ВУ .....  $K_{\text{вУ}} := 0.3$   
 $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\k_vu.txt"}) := K_{\text{вУ}}$

Витрата відпрацьованої пари на інші технологічні споживачі  
 $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\d_rizne.txt"}) := D_{\text{різн}} \cdot \left( \frac{\text{год} \cdot \text{т}^{-1}}{\text{год}} \right)$   $D_{\text{різн}} := 8 \cdot \frac{\text{т}}{\text{год}}$

Витрата пари з ТЕЦ на бурякорізки  $D_p := 5 \cdot \frac{\text{т}}{\text{год}}$   
 $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\d_rizk.txt"}) := D_p \cdot \left( \frac{\text{год} \cdot \text{т}^{-1}}{\text{год}} \right)$   $D_k := 0 \cdot \frac{\text{т}}{\text{год}}$

Витрата пари з ТЕЦ на пароструминний компресор  
 $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\d_komp.txt"}) := D_k \cdot \left( \frac{\text{т} \cdot \text{кг}^{-1}}{\text{т}} \right)$

### Витрата пари на інші споживачі

Сушарка цукру .....  $d_{\text{суш}} := 0.3\%$   
 $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\d_sush.txt"}) := d_{\text{суш}}$

Клерування жовтого цукру... .....  $d_{\text{кл}} := 0.3\%$   
 $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\d_cl.txt"}) := d_{\text{кл}}$

Прошпарювання центрифуг... .....  $d_{\text{прц}} := 0.5\%$   
 $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\d_prc.txt"}) := d_{\text{прц}}$

Прошпарювання вакуум-апаратів.(1 - 1.5%).....  $d_{\text{прва}} := 1.30\%$   
 $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\d_prva.txt"}) := d_{\text{прва}}$

Продування бурякорізок..(0 - 6%).....  $d_{\text{прбр}} := 0.3\%$   
 $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\d_prbr.txt"}) := d_{\text{прбр}}$

Невраховані витрати.....  $d_{\text{різн}} := 0.5\%$   
 $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\d_rizn.txt"}) := d_{\text{різн}}$

Точність розрахунку продуктивності ВУ  $\Delta w_{\text{min}} := 0.8\%$   
 $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\w_min.txt"}) := \Delta w_{\text{min}}$

### Вихідні дані для розрахунку ТЕЦ

$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\palyvo.txt"}) := \text{Паливо}$   $\text{Паливо} := 1$   $1 - \text{газ}$   
 $2 - \text{мазут}$

Теплота згоряння

$$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\q_n_r.txt"}) := Q_{н.р} \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{кДж}} \quad Q_{н.р} := 7974 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3} \quad Q_{н.р} = 33.386 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^3}$$

Довжина паропроводу "ТЕЦ-завод"  $l_{\text{тр.п}} := 100\text{м}$

$$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\l_tr_p.txt"}) := \frac{l_{\text{тр.п}}}{\text{м}}$$

Діаметр паропроводу "ТЕЦ-завод"  $d_{\text{тр.п}} := 600\text{мм}$

$$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\d_tr_p.txt"}) := \frac{d_{\text{тр.п}}}{\text{мм}}$$

Довжина 2 паропроводу "ТЕЦ-завод"

$$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\l_tr_p2.txt"}) := \frac{l_{\text{тр.п2}}}{\text{м}} \quad l_{\text{тр.п2}} := 100\text{м}$$

Діаметр 2 паропровода "ТЕЦ-завод"  $d_{\text{тр.п2}} := 600\text{мм}$

$$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\d_tr_p2.txt"}) := \frac{d_{\text{тр.п2}}}{\text{мм}}$$

Еквівалентна піщана шорсткість паропровода "ТЕЦ-завод"  $\delta_{\text{тр.п}} := 1 \cdot \text{мм}$

$$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\del_tr_p.txt"}) := \frac{\delta_{\text{тр.п}}}{\text{мм}}$$

**Парогенератори:**

**№1**  $\text{Тип}_0 := \text{"БМ-35Р"}$

Номінальна паропроодуктивність  $D_{\text{пг\_ном}_0} := 35 \frac{\text{т}}{\text{год}}$

Номінальний тиск перегрітої пари  $P_{\text{пш}_0} := 39 \text{бар}$

Номінальна температура перегрітої пари  $t_{\text{пш}_0} := 445^\circ\text{C}$

ККД (за режимними картами) для продуктивностей:

$$\eta_{\text{пг}_0} := \begin{pmatrix} 30 & 0.9018 \\ 35 & 0.9021 \\ 40 & 0.9034 \end{pmatrix}$$

**№2**  $\text{Тип}_1 := \text{"БМ-35Р"}$

Номінальна паропроодуктивність  $D_{\text{пг\_ном}_1} := 30 \frac{\text{т}}{\text{год}}$

Номінальний тиск перегрітої пари  $P_{\text{пш}_1} := 39 \text{бар}$

Номінальна температура перегрітої пари  $t_{\text{пш}_1} := 445^\circ\text{C}$

ККД (за режимними картами) для продуктивностей:

$$\eta_{\text{пг}_1} := \begin{pmatrix} 27 & 0.8998 \\ 34 & 0.9004 \\ 42 & 0.9011 \end{pmatrix}$$

**№3**  $\text{Тип}_2 := \text{"БГМ-35М"}$

Номинальна паропродуктивність  $D_{\text{пг\_ном}_2} := 30 \frac{\text{т}}{\text{год}}$

Номинальний тиск перегрітої пари  $P_{\text{пп}_2} := 39 \text{ бар}$

Номинальна температура перегрітої пари  $t_{\text{пп}_2} := 445^\circ\text{C}$

ККД (за режимними картами) для продуктивностей:

**№4** Тип<sub>3</sub> := "БМ -35Р"

$$\eta_{\text{пг}_2} := \begin{pmatrix} 25 & 0.9135 \\ 30 & 0.9142 \\ 35 & 0.915 \end{pmatrix}$$

Номинальна паропродуктивність  $D_{\text{пг\_ном}_3} := 30 \frac{\text{т}}{\text{год}}$

Номинальний тиск перегрітої пари  $P_{\text{пп}_3} := 39 \text{ бар}$

Номинальна температура перегрітої пари  $t_{\text{пп}_3} := 445^\circ\text{C}$

ККД (за режимними картами) для продуктивностей:

**№5** Тип<sub>4</sub> := "БГМ -35М"

$$\eta_{\text{пг}_3} := \begin{pmatrix} 27 & 0.8998 \\ 34 & 0.9004 \\ 42 & 0.911 \end{pmatrix}$$

Номинальна паропродуктивність  $D_{\text{пг\_ном}_4} := 30 \frac{\text{т}}{\text{год}}$

Номинальний тиск перегрітої пари  $P_{\text{пп}_4} := 39 \text{ бар}$

Номинальна температура перегрітої пари  $t_{\text{пп}_4} := 445^\circ\text{C}$

ККД (за режимними картами) для продуктивностей:

WRITEPRN("trans\tec\kotly.txt") := Тип

$$\eta_{\text{пг}_4} := \begin{pmatrix} 25 & 0.9135 \\ 30 & 0.9142 \\ 35 & 0.915 \end{pmatrix}$$

WRITEPRN("trans\tec\d\_pg\_n.txt") :=  $\frac{D_{\text{пг\_ном}} \cdot \text{год}}{\text{т}}$

WRITEPRN("trans\tec\p\_pp\_n.txt") :=  $\frac{P_{\text{пп}}}{\text{бар}}$

WRITEPRN("trans\tec\t\_pp\_n.txt") :=  $\frac{t_{\text{пп}}}{^\circ\text{C}}$

WRITEPRN("trans\tec\kkd\_pg0.txt") :=  $\eta_{\text{пг}_0}$

WRITEPRN("trans\tec\kkd\_pg1.txt") :=  $\eta_{\text{пг}_1}$

WRITEPRN("trans\tec\kkd\_pg2.txt") :=  $\eta_{\text{пг}_2}$

WRITEPRN("trans\tec\kkd\_pg3.txt") :=  $\eta_{\text{пг}_3}$

WRITEPRN("trans\tec\kkd\_pg4.txt") :=  $\eta_{\text{пг}_4}$

Коефіцієнт безперервного продування  $a_{\text{прод}} := 2\%$

WRITEPRN("trans\tec\a\_prod.txt") :=  $a_{\text{прод}}$

Подавання хімічищеної води для корекції котлового режиму  $G_{\text{хв.реж}} := 1 \cdot \frac{\text{т}}{\text{год}}$

$$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\g\_hv\_reg.txt"}) := \frac{G_{\text{хв.реж}}^{\text{год}}}{\text{т}}$$

Температура живильної води на вході у котел  $T_{\text{жв}} := 105^{\circ}\text{C}$

$$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\t\_zv.txt"}) := \frac{T_{\text{жв}}}{^{\circ}\text{C}}$$

Номінальний ККД парогенератора

$$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\kkd\_pg.txt"}) := \eta_{\text{пг}} \quad \eta_{\text{пг}} := 0.9$$

### Споживання пари на технологічні потреби

Коефіцієнт повернення конденсату  $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\beta\_zk.txt"}) := \beta_{\text{зк}} \quad \beta_{\text{зк}} := 1.2$

Охолодження зворотнього

конденсату на шляху з підприємства  $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\delta\_t\_zk.txt"}) := \frac{\delta_{\text{втр}}}{^{\circ}\text{C}} \quad \delta_{\text{втр}} := 3 \cdot ^{\circ}\text{C}$

### Відпускання пари на стороннє споживання:

Відпускання гострої пари

на стороннє споживання  $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\d\_st\_o.txt"}) := \frac{D_{\text{стор.о}}^{\text{год}}}{\text{т}} \quad D_{\text{стор.о}} := 0 \cdot \frac{\text{т}}{\text{год}}$

Коефіцієнт повернення

$$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\j\_st\_o.txt"}) := \beta_{\text{стор.о}} \quad \beta_{\text{стор.о}} := 0$$

конденсату гострої пари

Температура зворотнього

конденсату гострої пари

на вході у ТЕЦ  $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\t\_zk.o.txt"}) := \frac{T_{\text{зк.о}}}{^{\circ}\text{C}} \quad T_{\text{зк.о}} := 100^{\circ}\text{C}$

Відпускання технологічної

пари на стороннє споживання

$$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\d\_st\_teh.txt"}) := \frac{D_{\text{стор.тех}}^{\text{год}}}{\text{т}} \quad D_{\text{стор.тех}} := 0 \cdot \frac{\text{т}}{\text{год}}$$

Коефіцієнт повернення

конденсату технологічної пари

$$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\j\_st\_teh.txt"}) := \beta_{\text{стор.тех}} \quad \beta_{\text{стор.тех}} := 0$$

Температура зворотнього

конденсату технологічної

пари на вході у ТЕЦ  $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\t\_zk\_teh.txt"}) := \frac{T_{\text{зк.тех}}}{^{\circ}\text{C}} \quad T_{\text{зк.тех}} := 105^{\circ}\text{C}$

Відпускання пари з РОУВП

на стороннє споживання (МКК)

$$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\d\_st\_vp.txt"}) := \frac{D_{\text{стор.вп}}^{\text{год}}}{\text{т}} \quad D_{\text{стор.вп}} := 0 \cdot \frac{\text{т}}{\text{год}}$$

Коефіцієнт повернення

конденсату пари з РОУВП  $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\j\_st\_vp.txt"}) := \beta_{\text{стор.вп}} \quad \beta_{\text{стор.вп}} := 0$

Температура зворотнього  
конденсату пари з РОУВП

на вході у ТЕЦ  $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\t\_zk.vp.txt"}) := \frac{T_{\text{ЗК.ВП}}}{^{\circ}\text{C}}$   $T_{\text{ЗК.ВП}} := 78^{\circ}\text{C}$

**Споживання пари на теплофікаційні потреби**

Теплове навантаження системи

опалення житлового району  $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\q\_op.txt"}) := \frac{Q_{\text{оп}}}{\text{МВт}}$   $Q_{\text{оп}} := 0\text{ МВт}$

Температурна характеристика системи опалення житлового району  $\tau_1 := 120^{\circ}\text{C}$

$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\tau1\_op.txt"}) := \frac{\tau_1}{^{\circ}\text{C}}$   $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\tau2\_op.txt"}) := \frac{\tau_2}{^{\circ}\text{C}}$   $\tau_2 := 70^{\circ}\text{C}$

Убуття води з тепломережі

$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\g\_ub\_tm.txt"}) := \frac{G_{\text{уб.тм}} \cdot \text{ГОД}}{\text{кг}}$   $G_{\text{уб.тм}} := 0 \cdot \frac{\text{кг}}{\text{ГОД}}$

Підживлення тепломережі робиться з:

$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\k\_pidz.txt"}) := K_{\text{підж}}$   $K_{\text{підж}} := 0$

(1-деаератора 0 - БЧД)

Теплове навантаження системи

гарячого водопостачання

житлового району  $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\q\_gvp.txt"}) := \frac{Q_{\text{ГВП}}}{\text{МВт}}$   $Q_{\text{ГВП}} := 0\text{ МВт}$

Місце розташування заводу - \_\_\_\_\_

Фактична температура

зовнішнього повітря  $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\t\_z.txt"}) := \frac{T_3}{^{\circ}\text{C}}$   $T_3 := 0.4^{\circ}\text{C}$

Розрахункова температура

зовнішнього повітря для опалення

$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\t\_zo.txt"}) := \frac{T_{30}}{^{\circ}\text{C}}$   $T_{30} := -18^{\circ}\text{C}$

Розрахункова температура

всередині приміщень  $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\t\_vr.txt"}) := \frac{T_{\text{вр}}}{^{\circ}\text{C}}$   $T_{\text{вр}} := 18^{\circ}\text{C}$

Температура води на потреби ГВП  $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\t\_gvp.txt"}) := \frac{T_{\text{ГВП}}}{^{\circ}\text{C}}$   $T_{\text{ГВП}} := 60^{\circ}\text{C}$

Температура сирі води  $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\t\_sv.txt"}) := \frac{T_{\text{св}}}{^{\circ}\text{C}}$   $T_{\text{св}} := 4^{\circ}\text{C}$

Код системи ГВП (1-відкрита, 0 - закрита)

$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\k\_gvp.txt"}) := K_{\text{ГВП}}$   $K_{\text{ГВП}} := 1$

Температура конденсату з бойлера

$$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\t\_k\_bo.txt"}) := \frac{T_{\text{к.бойл}}}{^{\circ}\text{C}} \quad T_{\text{к.бойл}} := 80^{\circ}\text{C}$$

Температура конденсату з ПГВП

$$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\t\_k\_pgvp.txt"}) := \frac{T_{\text{к.ПГВП}}}{^{\circ}\text{C}} \quad T_{\text{к.ПГВП}} := 100^{\circ}\text{C}$$

## Споживання пари на власні потреби ТЕЦ

Кількість наземних мазутосховищ  $D=H$   $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\n\_msh.txt"}) := n_{\text{мсх}}$   
 $n_{\text{мсх}} := 2$

Температура теплоізоляції  
мазутосховищ

$$M_{\text{мсх}} := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot \tau \quad T_{\text{мсх}} := \begin{pmatrix} T_3 \\ T_3 \\ T_3 \\ T_3 \\ T_3 \end{pmatrix}$$

$$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\m\_msh.txt"}) := \frac{M_{\text{мсх}}}{\tau} \quad \text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\t\_msh.txt"}) := \frac{T_{\text{мсх}}}{^{\circ}\text{C}}$$

Коефіцієнт рециркуляції мазуту

після підігрівника  $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\k\_rp\_maz.txt"}) := K_{\text{р.п}}$   $K_{\text{р.п}} := 2$

Коефіцієнт рециркуляції мазуту

перед форсунками  $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\k\_rc\_maz.txt"}) := K_{\text{реп}}$   $K_{\text{реп}} := 1.3$

Коефіцієнт, що враховує витрату  
теплоти на розігрів зливних лотків

$$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\k\_zl\_maz.txt"}) := K_{\text{злив}} \quad K_{\text{злив}} := 1.4$$

Температура мазуту в мазутосховищах  $T_{\text{маз2}} := 130^{\circ}\text{C}$

Температура мазуту після підігріву

$$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\t\_maz1.txt"}) := \frac{T_{\text{маз1}}}{^{\circ}\text{C}} \quad T_{\text{маз1}} := T_3$$

$$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\t\_maz2.txt"}) := \frac{T_{\text{маз2}}}{^{\circ}\text{C}}$$

Витрата мазуту на ТЕЦ

(перше наближення)  $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\b1.txt"}) := \frac{B_{\text{год}}}{\tau}$   $B := 0 \cdot \frac{\tau}{\text{год}}$

Коефіцієнт повернення конденсату

з мазутного господарства  $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\b\_maz.txt"}) := \beta_{\text{маз}}$   $\beta_{\text{маз}} := 0$

Коефіцієнт витрати теплової

енергії на власні потреби ТЕЦ  $\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\k\_vp\_t.txt"}) := K_{\text{вп.т}}$   $K_{\text{вп.т}} := 1.0$

Коефіцієнт витрати електричної

енергії на власні потреби ТЕЦ  $WRITEPRN("trans\tec\k\_vp\_e.txt") := K_{ВП.е}$   $K_{ВП.е} := 1.1!$

Температура конденсату з ПХВ

$$WRITEPRN("trans\tec\t\_k\_phv.txt") := \frac{T_{к.ПХВ}}{^{\circ}C} \quad T_{к.ПХВ} := 80^{\circ}C$$

## Споживання електроенергії

Електрична потужність споживачів

енергоенергії підприємства  $WRITEPRN("trans\tec\w\_tehn.txt") := \frac{W_{техн}}{кВт}$   $W_{техн} := 9000кВт$

Електрична потужність комунально-

побутових споживачів району  $WRITEPRN("trans\tec\w\_kp.txt") := \frac{W_{кп}}{кВт}$   $W_{кп} := 0кВт$

Відпускання електроенергії

стороннім споживачам  $WRITEPRN("trans\tec\w\_stor.txt") := \frac{W_{стоп}}{кВт}$   $W_{стоп} := 0кВт$

Наявність зв'язку ТЕЦ з енергосистемою (1/0)

$$WRITEPRN("trans\tec\k\_sist.txt") := k_{сист} \quad k_{сист} := 0$$

## Турбоагрегати:

$$Тип\_турб := \begin{pmatrix} "P-6-35/5" \\ "P-6-35/5" \end{pmatrix}$$

Номинальна електрична

потужність  $W_{ном} := \begin{pmatrix} 6 \\ 6 \end{pmatrix} МВт$

Фактична електрична

потужність  $W_{факт} := \begin{pmatrix} 4.8 \\ 4.8 \end{pmatrix} МВт$

$$WRITEPRN("trans\tec\w\_nom.txt") := \frac{W_{ном}}{МВт} \quad WRITEPRN("trans\tec\w\_fact.txt") := \frac{W_{факт}}{МВт}$$

Коефіцієнт, що враховує дроселювання пари у стопорному

клапані  $WRITEPRN("trans\tec\k\_dr.txt") := \eta_{др}$   $\eta_{др} := 0.9!$

$$WRITEPRN("trans\tec\k\_oi.txt") := \eta_{oi} \quad \eta_{oi} := 0.6!$$

Внутрішній ККД турбогенератора

ККД теплового потоку ТЕЦ  $WRITEPRN("trans\tec\k\_tp.txt") := \eta_{тп}$   $\eta_{тп} := 0.9!$

Номинальний тиск пари

на вході до турбіни  $WRITEPRN("trans\tec\p\_0.txt") := \frac{P_0}{бар}$   $P_0 := 35бар$

Номинальна температура

пари на вході до турбіни  $WRITEPRN("trans\tec\t\_0.txt") := \frac{T_0}{^{\circ}C}$   $T_0 := 435^{\circ}C$

Втрати тиску у паропроводі "ТЕЦ-завод"

за нормативними рекомендаціями  $WRITEPRN("trans\tec\del\_p\_t0.txt") := \frac{\delta P_T}{\text{бар}}$   $\delta P_T := 0.2 \text{ бар}$

Втрати температури у паропроводі "ТЕЦ-завод" за нормативними

рекомендаціями  $WRITEPRN("trans\tec\del\_t\_t0.txt") := \frac{\delta T_T}{^\circ\text{C}}$   $\delta T_T := 20^\circ\text{C}$

### Деаераційно - живильна установка

Температура води у деаераторі:  $WRITEPRN("trans\tec\t\_da.txt") := \frac{T_D}{^\circ\text{C}}$   $T_D := 105^\circ\text{C}$

Коефіцієнт надлишку подачі охолоджувальної води у ОУ  $K_{\text{ОУ}} := 1.04$

Коефіцієнт власних потреб ХВО  $K_{\text{ХВО}} := 1.04$

Температура теплої сирови

води перед ХВО  $WRITEPRN("trans\tec\t\_sv\_t.txt") := \frac{T_{\text{св.Т}}}{^\circ\text{C}}$   $T_{\text{св.Т}} := 25^\circ\text{C}$

Температура хімоочищеної води перед деаератором

$WRITEPRN("trans\tec\t\_hv\_d.txt") := \frac{T_{\text{ХВ.Д}}}{^\circ\text{C}}$   $T_{\text{ХВ.Д}} := 95^\circ\text{C}$

Вид нагрівної пари (0 - РОУ1 1-РОУВП 2 - інша)

$WRITEPRN("trans\tec\k\_p\_psv.txt") := K_{\text{пар.псв}}$   $K_{\text{пар.псв}} := 0$

$WRITEPRN("trans\tec\k\_p\_phv.txt") := K_{\text{пар.пхв}}$   $K_{\text{пар.пхв}} := 2$

$WRITEPRN("trans\tec\k\_p\_bo.txt") := K_{\text{пар.бойл}}$   $K_{\text{пар.бойл}} := 0$

$WRITEPRN("trans\tec\k\_p\_pgv.txt") := K_{\text{пар.пгвп}}$   $K_{\text{пар.пгвп}} := 0$

$WRITEPRN("trans\tec\k\_p\_pvt.txt") := K_{\text{пар.пвт}}$   $K_{\text{пар.пвт}} := 1$

$WRITEPRN("trans\tec\k\_p\_da.txt") := K_{\text{пар.да}}$   $K_{\text{пар.да}} := 0$

Відведення конденсатів (0 - БЧД 1 - РДНТ 2- конденсат не відводиться)

$WRITEPRN("trans\tec\k\_kd\_psv.txt") := K_{\text{кд.псв}}$   $K_{\text{кд.псв}} := 0$

$WRITEPRN("trans\tec\k\_kd\_phv.txt") := K_{\text{кд.пхв}}$   $K_{\text{кд.пхв}} := 0$

$WRITEPRN("trans\tec\k\_kd\_bo.txt") := K_{\text{кд.бойл}}$   $K_{\text{кд.бойл}} := 1$

$WRITEPRN("trans\tec\k\_kd\_pgv.txt") := K_{\text{кд.пгвп}}$   $K_{\text{кд.пгвп}} := 0$

$WRITEPRN("trans\tec\k\_kd\_pvt.txt") := K_{\text{кд.пвт}}$   $K_{\text{кд.пвт}} := 0$

Використання теплоти продувочної води з РБП (1-ПСВ, 2- ПХВ 0 - немає)

$WRITEPRN("trans\tec\k\_rbp\_v.txt") := K_{\text{рбп.в}}$   $K_{\text{рбп.в}} := 2$

Відведення пари з РБП (2-у атмосферу, 1-на деаератор,

0 - у паропровід з ОУ)  $WRITEPRN("trans\tec\k\_rbp\_p.txt") := K_{\text{рбп.п}}$   $K_{\text{рбп.п}} := 1$

Відведення пари з РДНТ (2-у атмосферу 1-на деаератор,

0 - у паропровід з ОУ)  $WRITEPRN("trans\tec\k\_rdnt\_p.txt") := K_{\text{рднт.п}}$   $K_{\text{рднт.п}} := 1$

Температура конденсатів з БЧД  $WRITEPRN("trans\tec\t\_bcd.txt") := \frac{T_{\text{бчд}}}{^\circ\text{C}}$   $T_{\text{бчд}} := 100^\circ\text{C}$

Температура дренажа з охолодника випару

$$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\t\_dr\_ov.txt"}) := \frac{T_{\text{др.вип}}}{^{\circ}\text{C}} \quad T_{\text{др.вип}} := 90^{\circ}\text{C}$$

$$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\a\_vyp.txt"}) := A_{\text{вип}} \quad A_{\text{вип}} := 0.15\%$$

Коефіцієнт випару з деаератора  
**РОУ власних потреб**

$$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\tec\p\_p\_rouv.txt"}) := \frac{P_{\text{РОУВП}}}{\text{бар}}$$

Тиск пари після РОУ власних потреб

$$P_{\text{РОУВП}} := 9 \cdot \text{бар}$$

## 3.1. Застосування розробленої моделі для визначення оптимальної продуктивності працюючих парогенераторів

### 3.1.1. Експорт вихідних даних

#### 3.1.1.1. Загальнозаводські дані

$$A_{\text{зав}} := \text{READPRN}(\text{"trans\A.txt"})_0 \cdot \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad A_{\text{зав}} = 7000.128 \frac{\text{т}}{\text{доб}}$$

$$k_r := \text{READPRN}(\text{"trans\k_r.txt"})_0 \quad k_r := k_{r0} \quad k_r = 1.03$$

Питомі витрати умовного палива на:

випалювання вапняку

$$b_{\text{п.вв}} := \text{READPRN}(\text{"trans\k_p_vv.txt"})_0 \quad b_{\text{п.вв}} = 0.55\%$$

пробу і пуск -  $b_{\text{т1}} := \text{READPRN}(\text{"trans\b_t1.txt"})_0$  ;  $b_{\text{т1}} = 0.281\%$

виварку випарки -  $b_{\text{т2}} := \text{READPRN}(\text{"trans\b_t2.txt"})_0$  ;  $b_{\text{т2}} = 0.14\%$

фуговку -  $b_{\text{т3}} := \text{READPRN}(\text{"trans\b_t3.txt"})_0$  ;  $b_{\text{т3}} = 0.187\%$

простої -  $b_{\text{т4}} := \text{READPRN}(\text{"trans\b_t4.txt"})_0$  ;  $b_{\text{т4}} = 0.15\%$

Питома теплота згоряння натурального палива на випалювання вапняку

$$Q_{\text{п.вв}} := \text{READPRN}(\text{"trans\Q_p_vv.txt"})_0 \cdot \frac{\text{ккал}}{\text{кг}} \quad Q_{\text{п.вв}} = 6300 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$$

Витрата натурального палива на

випалювання вапняку  $V_{\text{пвв}} := b_{\text{п.вв}} \cdot A_{\text{зав}} \quad V_{\text{пвв}} = 1.6042 \frac{\text{т}}{\text{год}}$

#### 3.1.1.2. Теплотехнічні дані

$$Q_{\text{пу}} := \text{READPRN}(\text{"trans\ku_pu.txt"})_0 \cdot \frac{\text{МДж}}{\text{кг}} \quad Q_{\text{пу}} = 29.31 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$$

$$w_{\text{пов}} := \text{READPRN}(\text{"trans\w_pov.txt"})_0 \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad w_{\text{пов}} = 0.5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$t_{\text{із}} := \text{READPRN}(\text{"trans\t_iz_VU.txt"})_0 \cdot ^\circ\text{C} \quad t_{\text{із}} = 50^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{пов}} := \text{READPRN}(\text{"trans\t_pov.txt"})_0 \cdot ^\circ\text{C} \quad t_{\text{пов}} = 30^\circ\text{C}$$

$$T_0 := \text{READPRN}(\text{"trans\T_0.txt"})_0 \cdot ^\circ\text{C}$$

Довжина паропровода "ТЕЦ-завод"

$$l_{\text{тр.п}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\l_tr_p.txt"})_0 \cdot \text{м} \quad l_{\text{тр.п}} = 100\text{м}$$

Діаметр паропровода "ТЕЦ-завод"

$$d_{\text{тр.п}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\d_tr_p.txt"})_0 \cdot \text{мм} \quad d_{\text{тр.п}} = 600\text{мм}$$

Довжина 2 паропровода "ТЕЦ-завод"

$$l_{\text{тр.п2}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\l_tr_p2.txt"})_0 \cdot \text{м} \quad l_{\text{тр.п2}} = 100\text{м}$$

Діаметр 2 паропровода "ТЕЦ-завод"

$$d_{\text{тр.п2}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\d\_tr\_p2.txt"})_0 \cdot \text{мм} \quad d_{\text{тр.п2}} = 600 \text{мм}$$

Еквівалентна піщана шорсткість паропроводів "ТЕЦ-завод"

$$\delta_{\text{тр.п}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\del\_tr\_p.txt"})_0 \cdot \text{мм} \quad \delta_{\text{тр.п}} = 1 \text{мм}$$

3.1.2.1. Парогенератори:  $i := 0..4$

$$\text{Паливо} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\palyvo.txt"})_0 \quad \text{Паливо} = 1$$

$$Q_{\text{н.р}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\q\_n\_r.txt"})_0 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$$

Теплота згоряння

$$Q_{\text{н.р}} = 33390 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$$

$$D_{\text{пг\_ном}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\d\_pg\_n.txt"}) \cdot \frac{\text{т}}{\text{год}}$$

$$\eta_{\text{пг0}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\kkd\_pg0.txt"})$$

$$\eta_{\text{пг1}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\kkd\_pg1.txt"})$$

$$\eta_{\text{пг2}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\kkd\_pg2.txt"})$$

$$\eta_{\text{пг3}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\kkd\_pg3.txt"})$$

$$\eta_{\text{пг4}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\kkd\_pg4.txt"})$$

$$\eta_{\text{пг0}}(x) := \text{linterp}(\eta_{\text{пг0}}^{\langle 0 \rangle}, \eta_{\text{пг0}}^{\langle 1 \rangle}, x)$$

$$\eta_{\text{пг1}}(x) := \text{linterp}(\eta_{\text{пг1}}^{\langle 0 \rangle}, \eta_{\text{пг1}}^{\langle 1 \rangle}, x)$$

$$\eta_{\text{пг2}}(x) := \text{linterp}(\eta_{\text{пг2}}^{\langle 0 \rangle}, \eta_{\text{пг2}}^{\langle 1 \rangle}, x)$$

$$\eta_{\text{пг3}}(x) := \text{linterp}(\eta_{\text{пг3}}^{\langle 0 \rangle}, \eta_{\text{пг3}}^{\langle 1 \rangle}, x)$$

$$\eta_{\text{пг4}}(x) := \text{linterp}(\eta_{\text{пг4}}^{\langle 0 \rangle}, \eta_{\text{пг4}}^{\langle 1 \rangle}, x)$$

$$\text{Тип} := \begin{pmatrix} \text{"БМ -35Р"} \\ \text{"БМ -35Р"} \\ \text{"БГМ -35М"} \\ \text{"БМ -35Р"} \\ \text{"БГМ -35М"} \end{pmatrix}$$

$$D_{\text{ПГ\_НОМ}} = \begin{pmatrix} 35 \\ 30 \\ 30 \\ 30 \\ 30 \end{pmatrix} \frac{\text{Т}}{\text{ГОД}}$$

Номінальна паропроодуктивність

Номінальний тиск перегрітої пари

$$P_{\text{ПП}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\p\_pp\_n.txt"}) \cdot \text{бар}$$

Номінальна температура перегрітої пари

$$t_{\text{ПП}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\t\_pp\_n.txt"}) \cdot ^\circ\text{C}$$

$$P_{\text{ПП}} = \begin{pmatrix} 39 \\ 39 \\ 39 \\ 39 \\ 39 \end{pmatrix} \text{бар} \quad t_{\text{ПП}} = \begin{pmatrix} 445 \\ 445 \\ 445 \\ 445 \\ 445 \end{pmatrix} ^\circ\text{C}$$

Питома ентальпія перегрітої пари

$$I_{\text{ПП}} := 3321000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \quad I_{\text{ПП}} = 3321 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Коефіцієнт безперервного продування

$$a_{\text{прод}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\a\_prod.txt"})_0 \quad a_{\text{прод}} = 2\%$$

Тиск у барабані парогенератора

$$P_{\text{бар}} := 1.1 P_{\text{ПП}} \quad P_{\text{бар}} = \begin{pmatrix} 42.9 \\ 42.9 \\ 42.9 \\ 42.9 \\ 42.9 \end{pmatrix} \text{бар}$$

Температура у барабані парогенератора

$$t_{\text{бар}} := \begin{pmatrix} 254.6 \\ 254.6 \\ 254.6 \\ 254.6 \\ 254.6 \end{pmatrix} \cdot ^\circ\text{C} \quad t_{\text{бар}} = \begin{pmatrix} 254.6 \\ 254.6 \\ 254.6 \\ 254.6 \\ 254.6 \end{pmatrix} ^\circ\text{C}$$

$$I_{\text{КВ}} := \begin{pmatrix} 1108 \\ 1108 \\ 1108 \\ 1108 \\ 1108 \end{pmatrix} \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} I_{\text{КВ}} = \begin{pmatrix} 1108 \\ 1108 \\ 1108 \\ 1108 \\ 1108 \end{pmatrix} \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Питома ентальпія котлової води

Середньозважена ентальпія

$$I_{\text{КВ}} := \frac{\sum I_{\text{КВ}}}{\text{length}(I_{\text{КВ}})} \quad I_{\text{КВ}} = 1108 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

котлової води:

Подавання хімоочищеної води для корекції котлового режиму

$$G_{\text{ХВ.реж}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\g_hv_reg.txt"})_0 \cdot \frac{\text{Т}}{\text{ГОД}} \quad G_{\text{ХВ.реж}} = 1 \frac{\text{Т}}{\text{ГОД}}$$

Температура води у деаераторі:

$$T_{\text{Д}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\t_da.txt"})_0 \cdot ^\circ\text{С} \quad T_{\text{Д}} = 105^\circ\text{С}$$

Температура живильної води на вході у котел

$$T_{\text{ЖВ}} := (\text{READPRN}(\text{"trans\tec\t_zv.txt"})_0 \cdot ^\circ\text{С}) \quad T_{\text{ЖВ}} = 105^\circ\text{С}$$

Ентальпія живильної води на вході у котел

$$I_{\text{ЖВ}} := 440 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad I_{\text{ЖВ}} = 440 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

3.1.2.2. Споживання пари на технологічні потреби

$$D_{\text{ВУ}} := 125 \cdot \frac{\text{Т}}{\text{ГОД}} \quad D_{\text{ВУ}} = 125 \frac{\text{Т}}{\text{ГОД}}$$

$$D_{\text{різн}} := \text{READPRN}(\text{"trans\d_rizne.txt"})_0 \cdot \frac{\text{Т}}{\text{ГОД}} \quad D_{\text{різн}} = 8 \frac{\text{Т}}{\text{ГОД}}$$

Витрата пари на бурякорізки (з РОУ ВП)

$$D_{\text{різк}} := \text{READPRN}(\text{"trans\d_rizk.txt"})_0 \cdot \frac{\text{Т}}{\text{ГОД}} \quad D_{\text{різк}} = 5 \frac{\text{Т}}{\text{ГОД}}$$

Витрата пари на пароструминний компресор (з колектора перегрітої пари)

$$D_{\text{К}} := \text{READPRN}(\text{"trans\d_komp.txt"}) \quad D_{\text{К}} := D_{\text{К}0} \cdot \frac{\text{Т}}{\text{ГОД}} \quad D_{\text{К}} = 0 \text{ kg s}^{-1}$$

Витрата пари на технологічні потреби (з розрахунку схеми теплоспоживання)

$$D_{\text{Т0}} := k_r \cdot (D_{\text{ВУ}} + D_{\text{різн}} + D_{\text{різк}} + D_{\text{К}}) \quad D_{\text{Т0}} = 142.14 \frac{\text{Т}}{\text{ГОД}}$$

$$\text{WRITEPRN}(\text{"trans\D_t0_opt.txt"}) := D_{\text{Т0}} \cdot \text{Т}^{-1} \cdot \text{ГОД}$$

Витрата пари з ОУ та РОУ1 на технологічні потреби

$$D_{\text{техн}} := k_r \cdot (D_{\text{ву}} + D_{\text{різн}}) \quad D_{\text{техн}} = 136.99 \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

Температура пари на вході в підприємство

$$T_{\text{техн}} := T_{0,1} \quad T_{\text{техн}} = 132^\circ\text{C}$$

Тиск пари на вході в підприємство

$$P_T := 286800 \text{ Па} \quad P_T = 2.868 \text{ бар}$$

Охолодження зворотнього конденсату на шляху з підприємства

$$\delta t_{\text{втр}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\dt\_zk.txt"})_0 \cdot ^\circ\text{C} \quad \delta t_{\text{втр}} = 3^\circ\text{C}$$

Температура зворотнього конденсату на вході у ТЕЦ

$$t1\_k2 := \text{READPRN}(\text{"trans\t1\_k2.txt"})_0 \cdot ^\circ\text{C} \quad t1\_k2 = 105^\circ\text{C}$$

$$t1\_k3 := \text{READPRN}(\text{"trans\t1\_k3.txt"})_0 \cdot ^\circ\text{C} \quad t1\_k3 = 105^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{зк0}} := t1\_k3 - \delta t_{\text{втр}} \quad T_{\text{зк0}} = 102^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{зк1}} := t1\_k2 - \delta t_{\text{втр}} \quad T_{\text{зк1}} = 102^\circ\text{C}$$

Коефіцієнт повернення конденсату

$$\beta_{\text{зк}} := \frac{\text{READPRN}(\text{"trans\G\_tes.txt"})_0 \cdot A_{\text{зав}}}{D_{\text{техн}}} \quad \beta_{\text{зк}} = 1.59154$$

3.1.2.3. Споживання пари на теплофікаційні потреби

Фактична температура зовнішнього повітря

$$T_3 := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\t\_z.txt"})_0 \cdot ^\circ\text{C} \quad T_3 = 0.4^\circ\text{C}$$

Розрахункова температура зовнішнього повітря

$$\text{для опалення} \quad T_{30} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\t\_zo.txt"})_0 \cdot ^\circ\text{C} \quad T_{30} = -18^\circ\text{C}$$

Розрахункова температура всередині приміщень

$$T_{\text{вр}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\t\_vr.txt"})_0 \cdot ^\circ\text{C} \quad T_{\text{вр}} = 18^\circ\text{C}$$

Температура води

$$\text{на потреби ГВП} \quad T_{\text{ГВП}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\t\_gvp.txt"})_0 \cdot ^\circ\text{C} \quad T_{\text{ГВП}} = 60^\circ\text{C}$$

Температура сирії води

$$T_{\text{св}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\t\_sv.txt"})_0 \cdot ^\circ\text{C} \quad T_{\text{св}} = 4^\circ\text{C}$$

Питома ентальпія сирії води

$$I_{\text{св}} := 16.8 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad I_{\text{св}} = 16.8 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Код системи ГВП (1-відкрита, 0 - закрита)

$$K_{\text{ГВП}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\k\_gvp.txt"})_0 \quad K_{\text{ГВП}} = 1$$

Кількість квартир, обладнаних ГВП

$$n_{\text{кв}} := 0$$

Кількість споживачів гарячої води визначена з

розрахунку проживання у квартирі по 3 чоловіки.  $n_{ГВ1} := 3 \cdot n_{КВ}$   $n_{ГВ1} = 0$

Кількість готельних

місць з ванними  $n_{ГВ2} := 0$   $n_{ГВ2} = 0$

Кількість лікарняних ліжок  $n_{ГВ3} := 0$   $n_{ГВ3} = 0$

$$a_{ГВ} := \begin{pmatrix} 120 \\ 200 \\ 180 \end{pmatrix} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{доб}}$$

Норми витрати гарячої води:

Середньодобова

витрата гарячої води  $G_{ГВ} := a_{ГВ0} \cdot n_{ГВ1} + a_{ГВ1} \cdot n_{ГВ2} + a_{ГВ2} \cdot n_{ГВ3}$   $G_{ГВ} = 0 \frac{\text{Т}}{\text{ГОД}}$

Теплове навантаження системи

гарячого водопостачання

житлового району  $Q_{ГВП} := G_{ГВ} \cdot 4.19 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot (T_{ГВП} - T_{СВ})$   $Q_{ГВП} = 0 \text{МВт}$

Температурна характеристика системи опалення житлового району

$\tau_1 := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\tau1\_op.txt"})_0 \cdot ^\circ\text{C}$   $\tau_1 = 120^\circ\text{C}$

$\tau_2 := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\tau2\_op.txt"})_0 \cdot ^\circ\text{C}$   $\tau_2 = 70^\circ\text{C}$

Витікання води з тепломережі

$G_{уб.тм} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\g\_ub\_tm.txt"})_0 \cdot \frac{\text{кг}}{\text{год}}$   $G_{уб.тм} = 0 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$

Підживлення тепломережі робиться з: (1-деаератора 0 - БЧД)

$K_{підж} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\k\_pidz.txt"})_0$   $K_{підж} = 0$

Теплове навантаження системи опалення житлового району

$Q_{оп} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\q\_op.txt"})_0 \cdot \text{МВт}$   $Q_{оп} = 0 \text{МВт}$

3.1.2.4. Споживання пари на власні потреби ТЕЦ

Кількість наземних мазутосховищ  $D=N$

$n_{мсx} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\n\_msh.txt'})_0$   $n_{мсx} = 2$

$i_{мсx} := 0.. n_{мсx} - 1$

Місткість наземних

мазутосховищ  $M_{мсx} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\m\_msh.txt'}) \cdot \text{м}^3$

Температура у

мазутосховищах  $T_{мсx} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\t\_msh.txt'}) \cdot ^\circ\text{C}$

$$M_{\text{мсх}} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ м}^3 \quad T_{\text{мсх}} = \begin{pmatrix} 0.4 \\ 0.4 \\ 0.4 \\ 0.4 \\ 0.4 \end{pmatrix} \text{ }^\circ\text{C}$$

Площа поверхонь теплоізоляції мазутосховищ

$$d_{\text{мсх}} := \left( \frac{M_{\text{мсх}}}{\pi} \right)^{\frac{1}{3}} \quad \frac{1}{3} d_{\text{мсх}} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ м} \quad F_{\text{мсх}} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ м}^2$$

$$F_{\text{мсх}} := 1.5 \cdot \pi \cdot d_{\text{мсх}}^2$$

$$\alpha_{\text{із}_i}_{\text{мсх}} := 9.3 \cdot \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} + 0.047 \cdot \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^2} \cdot (T_{\text{мсх}_i}_{\text{мсх}} - T_3) + \sqrt{w_{\text{пов}}} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \sqrt{\text{с}} \cdot \text{м}^{2.5}}$$

$$\Delta Q_{\text{мсх}} := 1.3 \cdot \sum_{i=0}^{n_{\text{мсх}}-1} \alpha_{\text{із}_i} \cdot (T_{\text{мсх}_i} - T_3) \cdot F_{\text{мсх}_i} \quad \Delta Q_{\text{мсх}} = 0 \text{ МВт}$$

Коефіцієнт рециркуляції мазуту після підігрівника

$$K_{\text{р.п}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\k\_rp\_maz.txt"})_0 \quad K_{\text{р.п}} = 2$$

Коефіцієнт рециркуляції мазуту перед форсунками

$$K_{\text{рец}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\k\_rc\_maz.txt"})_0 \quad K_{\text{рец}} = 1.3$$

Коефіцієнт, що враховує витрату теплоти на розігрів зливних лотків

$$K_{\text{злив}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\k\_zl\_maz.txt"})_0 \quad K_{\text{злив}} = 1.4$$

Температура мазуту в мазутосховищах

$$T_{\text{маз1}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\t\_maz1.txt"})_0 \cdot \text{ }^\circ\text{C} \quad T_{\text{маз1}} = 0.4 \text{ }^\circ\text{C}$$

Температура мазуту після підігріву

$$T_{\text{маз2}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\t\_maz2.txt"})_0 \cdot \text{ }^\circ\text{C} \quad T_{\text{маз2}} = 130 \text{ }^\circ\text{C}$$

Витрата мазуту на ТЕЦ (перше наближення)

$$B := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\b1.txt"})_0 \cdot \frac{\text{т}}{\text{год}} \quad B = 0 \frac{\text{т}}{\text{год}}$$

Питома теплоємність мазуту

$$c_{\text{маз}} := \left[ 1.74 + 0.0025 \cdot \frac{\left( \frac{T_{\text{маз1}}}{\text{ }^\circ\text{C}} + \frac{T_{\text{маз2}}}{\text{ }^\circ\text{C}} \right)}{2} \right] \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \quad c_{\text{маз}} = 1.903 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

Витрата теплової енергії на мазутне господарство (+ 10% - невраховані витрати)

$$Q_{\text{маз}} := \begin{cases} \Delta Q_{\text{МСХ}} & \text{if Паливо} = 1 \\ \left[ K_{\text{р.п}} \cdot K_{\text{реЦ}} \cdot K_{\text{злив}} \cdot B \cdot c_{\text{маз}} \cdot (T_{\text{маз2}} - T_{\text{маз1}}) \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Q_{\text{маз}} = 0 \text{ МВт}$$

Коефіцієнт повернення конденсату з мазутного господарства

$$\beta_{\text{маз}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\b\_maz.txt"})_0 \quad \beta_{\text{маз}} = 0$$

Коефіцієнт витрати теплової енергії на власні потреби ТЕЦ

$$K_{\text{ВП.Т}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\k\_vp\_t.txt"})_0 \quad K_{\text{ВП.Т}} = 1.05$$

Коефіцієнт витрати електричної енергії на власні потреби ТЕЦ

$$K_{\text{ВП.е}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\k\_vp\_e.txt"})_0 \quad K_{\text{ВП.е}} = 1.15$$

Температура конденсату з ПХВ

$$T_{\text{К.ПХВ}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\t\_k\_phv.txt"})_0 \cdot ^\circ\text{C} \quad T_{\text{К.ПХВ}} = 80^\circ\text{C}$$

Температура конденсату з ПСВ

$$T_{\text{К.ПСВ}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\t\_k\_psv.txt"})_0 \cdot ^\circ\text{C} \quad T_{\text{К.ПСВ}} = 80^\circ\text{C}$$

### 3.1.3. Споживання електроенергії

Електрична потужність споживачів електроенергії підприємства

$$W_{\text{техн}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\w\_tehn.txt"})_0 \cdot \text{кВт}$$

$$W_{\text{техн}} = 9000 \text{ кВт}$$

Електрична потужність комунально-побутових споживачів району

$$W_{\text{кп}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\w\_kp.txt"})_0 \cdot \text{кВт} \quad W_{\text{кп}} = 0 \text{ кВт}$$

Відпускання електроенергії стороннім споживачам

$$W_{\text{стор}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\w\_stor.txt"})_0 \cdot \text{кВт} \quad W_{\text{стор}} = 0 \text{ кВт}$$

Витрата електроенергії на власні потреби ТЕЦ

$$W_{\text{вл.п}} := (K_{\text{ВП.е}} - 1) (W_{\text{техн}} + W_{\text{кп}} + W_{\text{стор}}) \quad W_{\text{вл.п}} = 1350 \text{ кВт}$$

Електричне навантаження турбогенераторів

$$W_{\text{потр}} := W_{\text{техн}} + W_{\text{кп}} + W_{\text{стор}} + W_{\text{вл.п}} \quad W_{\text{потр}} = 10350 \text{ кВт}$$

Наявність зв'язку ТЕЦ з енергосистемою (1/0)

$$k_{\text{сист}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\k\_sist.txt"})_0 \quad k_{\text{сист}} = 0$$

Тип - Р

$$i := 0..1$$

Номинальна електрична потужність

$$W_{\text{ном}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\w\_nom.txt"}) \cdot \text{МВт} \quad W_{\text{ном}} = \begin{pmatrix} 6 \\ 6 \end{pmatrix} \text{ МВт}$$

Фактична електрична потужність

$$W_{\text{факт}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\w\_fact.txt"}) \cdot \text{МВТ} \quad W_{\text{факт}} = \begin{pmatrix} 4.8 \\ 4.8 \end{pmatrix} \text{МВТ}$$

Коефіцієнт, що враховує дроселювання пари у стопорному клапані

$$\eta_{\text{др}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\kkd\_dr.txt"})_0 \quad \eta_{\text{др}} = 0.98$$

Механічний ККД турбогенераторів

3.1.3.1. Турбоагрегати:

$$\eta_{M_i} := \begin{cases} \text{linterp} \left[ \begin{pmatrix} 500 \cdot \text{кВт} \\ 750 \cdot \text{кВт} \\ 1000 \cdot \text{кВт} \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0.935 \\ 0.955 \\ 0.97 \end{pmatrix}, W_{\text{факт}_i} \right] & \text{if } W_{\text{НОМ}_i} = 1 \text{МВТ} \\ \text{linterp} \left[ \begin{pmatrix} 750 \cdot \text{кВт} \\ 1125 \cdot \text{кВт} \\ 1500 \cdot \text{кВт} \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0.955 \\ 0.970 \\ 0.980 \end{pmatrix}, W_{\text{факт}_i} \right] & \text{if } W_{\text{НОМ}_i} = 1.5 \text{МВТ} \\ \text{linterp} \left[ \begin{pmatrix} 1250 \cdot \text{кВт} \\ 1875 \cdot \text{кВт} \\ 2500 \cdot \text{кВт} \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0.965 \\ 0.972 \\ 0.98 \end{pmatrix}, W_{\text{факт}_i} \right] & \text{if } W_{\text{НОМ}_i} = 2.5 \text{МВТ} \\ \text{linterp} \left[ \begin{pmatrix} 2000 \cdot \text{кВт} \\ 3000 \cdot \text{кВт} \\ 4000 \cdot \text{кВт} \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0.965 \\ 0.972 \\ 0.983 \end{pmatrix}, W_{\text{факт}_i} \right] & \text{if } W_{\text{НОМ}_i} = 4 \text{МВТ} \\ \text{linterp} \left[ \begin{pmatrix} 3000 \cdot \text{кВт} \\ 4500 \cdot \text{кВт} \\ 6000 \cdot \text{кВт} \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0.975 \\ 0.978 \\ 0.983 \end{pmatrix}, W_{\text{факт}_i} \right] & \text{if } W_{\text{НОМ}_i} = 6 \text{МВТ} \\ \text{linterp} \left[ \begin{pmatrix} 6000 \cdot \text{кВт} \\ 9000 \cdot \text{кВт} \\ 12000 \cdot \text{кВт} \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0.975 \\ 0.985 \\ 0.990 \end{pmatrix}, W_{\text{факт}_i} \right] & \text{if } W_{\text{НОМ}_i} = 12 \text{МВТ} \end{cases}$$

$$\eta_M = \begin{pmatrix} 0.979 \\ 0.979 \end{pmatrix}$$

Середньозважений ККД

$$\eta_{\text{мс}} := \frac{\sum_{j=0}^{\text{last}(\eta_M)} \eta_{M_j} \cdot W_{\text{факт}_j}}{\sum W_{\text{факт}}} \quad \eta_{\text{мс}} = 0.979$$

Електричний ККД турбогенераторів:

$$\eta_{e_i} := \left[ \begin{array}{l} \text{linterp} \left[ \begin{array}{l} \left( \begin{array}{l} 500 \cdot \text{кВт} \\ 750 \cdot \text{кВт} \\ 1000 \cdot \text{кВт} \end{array} \right), \left( \begin{array}{l} 0.905 \\ 0.915 \\ 0.928 \end{array} \right), W_{\text{факт}_i} \end{array} \right] \text{ if } W_{\text{НОМ}_i} = 1 \text{ МВт} \\ \text{linterp} \left[ \begin{array}{l} \left( \begin{array}{l} 750 \cdot \text{кВт} \\ 1125 \cdot \text{кВт} \\ 1500 \cdot \text{кВт} \end{array} \right), \left( \begin{array}{l} 0.910 \\ 0.920 \\ 0.933 \end{array} \right), W_{\text{факт}_i} \end{array} \right] \text{ if } W_{\text{НОМ}_i} = 1.5 \text{ МВт} \\ \text{linterp} \left[ \begin{array}{l} \left( \begin{array}{l} 1250 \cdot \text{кВт} \\ 1875 \cdot \text{кВт} \\ 2500 \cdot \text{кВт} \end{array} \right), \left( \begin{array}{l} 0.915 \\ 0.925 \\ 0.937 \end{array} \right), W_{\text{факт}_i} \end{array} \right] \text{ if } W_{\text{НОМ}_i} = 2.5 \text{ МВт} \\ \text{linterp} \left[ \begin{array}{l} \left( \begin{array}{l} 2000 \cdot \text{кВт} \\ 3000 \cdot \text{кВт} \\ 4000 \cdot \text{кВт} \end{array} \right), \left( \begin{array}{l} 0.920 \\ 0.932 \\ 0.944 \end{array} \right), W_{\text{факт}_i} \end{array} \right] \text{ if } W_{\text{НОМ}_i} = 4 \text{ МВт} \\ \text{linterp} \left[ \begin{array}{l} \left( \begin{array}{l} 3000 \cdot \text{кВт} \\ 4500 \cdot \text{кВт} \\ 6000 \cdot \text{кВт} \end{array} \right), \left( \begin{array}{l} 0.925 \\ 0.937 \\ 0.949 \end{array} \right), W_{\text{факт}_i} \end{array} \right] \text{ if } W_{\text{НОМ}_i} = 6 \text{ МВт} \\ \text{linterp} \left[ \begin{array}{l} \left( \begin{array}{l} 6000 \cdot \text{кВт} \\ 9000 \cdot \text{кВт} \\ 12000 \cdot \text{кВт} \end{array} \right), \left( \begin{array}{l} 0.938 \\ 0.949 \\ 0.957 \end{array} \right), W_{\text{факт}_i} \end{array} \right] \text{ if } W_{\text{НОМ}_i} = 12 \text{ МВт} \end{array} \right]$$

$$\eta_e = \begin{pmatrix} 0.9394 \\ 0.9394 \end{pmatrix}$$

Середньозважений ККД

$$\eta_{ec} := \frac{\sum_{j=0}^{\text{last}(\eta_e)} \eta_{e_j} \cdot W_{\text{факт}_j}}{\sum W_{\text{факт}}} \quad \eta_{ec} = 0.9394$$

Внутрішній ККД турбогенераторів для номінального режиму

$$\eta_{oi} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\kkd\_oi.txt"})_0 \quad \eta_{oi} = 0.67$$

ККД теплового потоку ТЕЦ

$$\eta_{тп} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\kkd\_tp.txt"})_0 \quad \eta_{тп} = 0.98$$

Номинальний тиск пари на вході до турбіни

$$P_0 := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\p_0.txt"})_0 \cdot \text{бар} \quad P_0 = 35 \text{ бар}$$

Номинальна температура пари на вході до турбіни

$$T_0 := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\t_0.txt"})_0 \cdot ^\circ\text{C} \quad T_0 = 435 ^\circ\text{C}$$

Питома ентальпія пари перед турбіною

$$I_0 := 3304 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad I_0 = 3304 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Питомий об'єм пари у паропроводі "ТЕЦ-завод"

$$v_{\text{тр.п}} := 0.63 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}} \quad v_{\text{тр.п}} = 0.63 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

Коефіцієнти гідравлічного опору

$$\lambda_1 := 0.11 \cdot \left( \frac{\delta_{\text{тр.п}}}{d_{\text{тр.п}}} \right)^{0.25} \quad \lambda_1 = 0.02223$$

$$\lambda_2 := 0.11 \cdot \left( \frac{\delta_{\text{тр.п2}}}{d_{\text{тр.п2}}} \right)^{0.25} \quad \lambda_2 = 0.02223$$

Сума коефіцієнтів місцевих гідравлічних опорів (2 засувки відкриті на 75%, 10 зварних колін 90 градусів )

$$\Sigma \xi := 2 \cdot 0.5 + 10 \cdot 0.4 \quad \Sigma \xi = 5$$

$$D_{\text{техн1}} := D_{\text{техн}}$$

Втрати тиску у системі трубопроводів "ТЕЦ-завод"

$$\delta P_T := \left( \Sigma \xi + \lambda_1 \cdot \frac{l_{\text{тр.п}}}{d_{\text{тр.п}}} \right) \cdot \frac{\left[ \frac{(D_{\text{техн1}} \cdot v_{\text{тр.п}})}{\pi \cdot \frac{(d_{\text{тр.п}})^2}{4}} \right]^2}{2 \cdot v_{\text{тр.п}}} \quad \delta P_T = 0.49663 \text{ бар}$$

За нормативними рекомендаціями прийнято

$$\delta P_T := \max(\delta P_T, \text{READPRN}(\text{"trans\tec\del_p_t0.txt"})_0 \cdot \text{бар}) \quad \delta P_T = 0.49663 \text{ бар}$$

Тиск пари на виході з турбіни

$$P_K := P_T + \delta P_T \quad P_K = 3.36463 \text{ бар}$$

Знаходимо ентропію та температуру пари після адіабатного розширення.

$$\text{Кінцева адіабатна ентальпія пари на виході з турбіни для } T_{\text{ка}} := 134.25 ^\circ\text{C}$$

$$I_{\text{ка}} := 2726 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad I_{\text{ка}} = 2726 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Повний адиабатний теплоперепад на турбіні

$$H_a := I_0 - I_{ка} \quad H_a = 578 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Кінцева ентальпія пари на виході з турбіни

$$I_K := I_0 - H_a \cdot \eta_{oi} \quad I_K = 2916.74 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Фактична температура пари на виході з турбіни  $T_K := 225 \cdot ^\circ\text{C}$   
перше наближення

Фактична сумарна потужність турбогенераторів:

$$W_{ген} := \sum W_{факт} \quad W_{ген} = 9.6 \text{ МВт}$$

Відпускання електроенергії від ТЕЦ у енергосистему

$$W_{сист} := \begin{cases} (W_{ген} - W_{потр}) & \text{if } k_{сист} = 1 \\ 0 \text{ МВт} & \text{otherwise} \end{cases} \quad W_{сист} = 0 \text{ МВт}$$

Витрата пари на турбіні:

Гострої:

$$D_{т.о} := \frac{W_{ген}}{(I_0 - I_{ка}) \cdot \eta_{др} \cdot \eta_{oi} \cdot \eta_{ес} \cdot \eta_{мс}} \quad D_{т.о} = 99.01746 \frac{\text{т}}{\text{год}}$$

Відпрацьованої:

$$D_{п} := D_{т.о} \quad D_{п} = 99.01746 \frac{\text{т}}{\text{год}}$$

Питома витрата пари на турбіну

$$d_{тг} := \frac{D_{т.о}}{W_{ген}} \quad d_{тг} = 10.31432 \frac{\text{кг}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$$

### 3.1.4. Відпускання технологічної пари

Тиск пари після ОУ

$$P_{OU} := P_K \quad P_{OU} = 3.36463 \text{ бар}$$

Розрахунок теплоізоляції паропровода

$$\alpha_{із} := 9.3 \cdot \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} + 0.047 \cdot \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^2} \cdot (t_{із} - T_3) + \sqrt{w_{пов}} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \sqrt{\text{с}} \cdot \text{м}^{2.5}}$$

$$\delta_{із} := 50 \cdot \text{мм}$$

$$\Delta Q_{із} := 1.2 \cdot \alpha_{із} \cdot (t_{із} - t_{пов}) \cdot \pi \cdot \left[ (d_{тр.п} + 2 \cdot \delta_{із}) l_{тр.п} + (d_{тр.п2} + 2 \cdot \delta_{із}) l_{тр} \right]$$

$$\Delta Q_{iz} = 130240.09804 \text{Вт}$$

Втрати температури у паропроводі "ТЕЦ-завод"

Теплоємність пари

$$C_p := 2.25 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \quad C_p = 2.25 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$\delta T_T := \frac{\Delta Q_{iz}}{D_{\text{техн}} \cdot C_p} \quad \delta T_T = 1.52116^\circ\text{C}$$

За нормативними рекомендаціями прийнято

$$\delta T_T := \max(\delta T_T, \text{READPRN}(\text{"trans\tec\del\_t\_t0.txt"})_0 \cdot ^\circ\text{C}) \quad \delta T_T = 20^\circ\text{C}$$

Температура пари, що відпускається на технологічні потреби з ОУ

$$T_{\text{ОУ}} := T_{\text{техн}} + \delta T_T \quad T_{\text{ОУ}} = 152^\circ\text{C}$$

Ентальпія пари після ОУ

$$I_{\text{ОУ}} := 2748 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad I_{\text{ОУ}} = 2748 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Ентальпія дренажу з ОУ

$$I_{\text{ОУ.др}} := 578 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad I_{\text{ОУ.др}} = 578 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Ентальпія охолоджувальної води  $I_{\text{ох}} := I_{\text{жв}}$

Коефіцієнт надлишку подачі охолоджувальної води у ОУ

$$K_{\text{ОУ}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\k\_ou.txt"})_0 \quad K_{\text{ОУ}} = 1.05$$

Коефіцієнт збільшення витрати пари в ОУ

$$Y := \frac{(I_k - I_{\text{ОУ}})}{(I_k - I_{\text{ох}})} \quad Y = 0.06813$$

$$\beta_{\text{ОУ}} := \frac{I_k}{I_{\text{ОУ}} + (K_{\text{ОУ}} - 1)Y \cdot I_{\text{ОУ.др}} - K_{\text{ОУ}} \cdot Y \cdot I_{\text{ох}}} \quad \beta_{\text{ОУ}} = 1.07293$$

3.1.4.1. РОУ технологічних потреб

Тиск пари після РОУ технологічних потреб

$$P_{\text{РОУ1}} := P_{\text{ОУ}} \quad P_{\text{РОУ1}} = 3.36463 \text{бар}$$

Температура пари після РОУ технологічних потреб

$$T_{\text{РОУ1}} := T_{\text{ОУ}} \quad T_{\text{РОУ1}} = 152^\circ\text{C}$$

Ентальпія пари після РОУ технологічних потреб

$$I_{\text{РОУ1}} := I_{\text{ОУ}} \quad I_{\text{РОУ1}} = 2748 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Коефіцієнт надлишку подачі охолоджувальної води у РОУ1

$$K_{POY1} := K_{OY}$$

$$K_{POY1} = 1.05$$

Коефіцієнт збільшення витрати пари в РОУ1

$$Y := \frac{(I_0 - I_{POY1})}{(I_0 - I_{OX})}$$

$$Y = 0.19413$$

$$\beta_{POY1} := \frac{I_0}{I_{POY1} + (K_{POY1} - 1)Y \cdot I_{OY.dr} - K_{POY1} \cdot Y \cdot I_{OX}} \quad \beta_{POY1} = 1.24028$$

Ентальпія дренажу з РОУ технологічних потреб

$$I_{POY1.dr} := 578 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$I_{POY1.dr} = 578 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Витрата зворотнього конденсату ретурної пари

$$G_{зк0} := \text{READPRN}(\text{"trans\G\_vu.txt"})_0 \cdot A_{зав}$$

$$G_{зк0} = 152.92363 \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

Витрата зворотнього конденсату вторинної пари 1 корпусу

$$G_{зк1} := \beta_{зк} \cdot D_{техн} - G_{зк0}$$

$$G_{зк1} = 65.10119 \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

Ентальпії зворотнього конденсату

$$I_{зк0} := 427.5 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$I_{зк0} = 427.5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$I_{зк1} := 427.5 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$I_{зк1} = 427.5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Відпускання гострої пари на стороннє споживання

$$D_{стор.о} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\d\_st\_o.txt"})_0 \cdot \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

$$D_{стор.о} = 0 \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

Коефіцієнт повернення конденсату гострої пари

$$\beta_{стор.о} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\j\_st\_o.txt"})_0$$

$$\beta_{стор.о} = 0$$

Витрата зворотнього конденсату гострої пари

$$G_{зк.о} := \beta_{стор.о} \cdot D_{стор.о}$$

$$G_{зк.о} = 0 \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

Температура зворотнього конденсату гострої пари на вході у ТЕЦ

$$T_{зк.о} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\t\_зк.о.txt"})_0 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$T_{зк.о} = 100^\circ\text{C}$$

Ентальпія зворотнього конденсату гострої пари на вході у ТЕЦ

$$I_{зк.о} := 419.1 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$I_{зк.о} = 419.1 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Відпускання технологічної пари на стороннє споживання

$$D_{стор.тех} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\d\_st\_teh.txt"})_0 \cdot \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

$$D_{стор.тех} = 0 \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

Коефіцієнт повернення конденсату технологічної пари

$$\beta_{\text{стор.тех}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\j\_st\_teh.txt"})_0 \quad \beta_{\text{стор.тех}} = 0$$

Витрата зворотнього конденсату

$$G_{\text{зк.тех}} := \beta_{\text{стор.тех}} \cdot D_{\text{стор.тех}} \quad G_{\text{зк.тех}} = 0 \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

Температура зворотнього конденсату технологічної пари на вході у ТЕЦ

$$T_{\text{зк.тех}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\t\_zk\_teh.txt"})_0 \cdot ^\circ\text{C} \quad T_{\text{зк.тех}} = 105^\circ\text{C}$$

Ентальпія зворотнього конденсату технологічної пари на вході у ТЕЦ

$$I_{\text{зк.тех}} := 440.2 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad I_{\text{зк.тех}} = 440.2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Відпускання пари з РОУВП на стороннє споживання

$$D_{\text{стор.вп}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\d\_st\_vp.txt"})_0 \cdot \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad D_{\text{стор.вп}} = 0 \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

Коефіцієнт повернення конденсату пари з РОУВП

$$\beta_{\text{стор.вп}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\j\_st\_vp.txt"})_0 \quad \beta_{\text{стор.вп}} = 0$$

Витрата зворотнього конденсату

$$G_{\text{зк.вп}} := \beta_{\text{стор.вп}} \cdot D_{\text{стор.вп}} \quad G_{\text{зк.вп}} = 0 \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

Температура зворотнього конденсату пари з РОУВП на вході у ТЕЦ

$$T_{\text{зк.вп}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\t\_zk\_vp.txt"})_0 \cdot ^\circ\text{C} \quad T_{\text{зк.вп}} = 78^\circ\text{C}$$

Ентальпія зворотнього конденсату пари з РОУВП на вході у ТЕЦ

$$I_{\text{зк.вп}} := 326.6 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad I_{\text{зк.вп}} = 326.6 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Вид нагрівної пари внутрішньокотельних споживачів (0 - РОУ1; 1-РОУВП 2-інша)

$$K_{\text{пар.псв}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\k\_p\_psv.txt"})_0 \quad K_{\text{пар.псв}} = 0$$

$$K_{\text{пар.пхв}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\k\_p\_phv.txt"})_0 \quad K_{\text{пар.пхв}} = 2$$

$$K_{\text{пар.бойл}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\k\_p\_bo.txt"})_0 \quad K_{\text{пар.бойл}} = 0$$

$$K_{\text{пар.пгвп}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\k\_p\_pgv.txt"})_0 \quad K_{\text{пар.пгвп}} = 0$$

$$K_{\text{пар.пвт}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\k\_p\_pvt.txt"})_0 \quad K_{\text{пар.пвт}} = 1$$

$$K_{\text{пар.да}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\k\_p\_da.txt"})_0 \quad K_{\text{пар.да}} = 0$$

3.1.4.2. РОУ власних потреб

Тиск пари після РОУ власних потреб

$$P_{\text{РОУВП}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\p\_p\_rouv.txt"})_0 \cdot \text{бар} \quad P_{\text{РОУВП}} = 9 \text{ бар}$$

Температура пари після РОУ власних потреб

$$T_{\text{РОУВП}} := 175.4^\circ\text{C} \quad T_{\text{РОУВП}} = 175.4^\circ\text{C}$$

Ентальпія пари після РОУ власних потреб

$$I_{\text{РОУВП}} := 2773 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$I_{\text{РОУВП}} = 2773 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Ентальпія дренажу з РОУ власних потреб

$$I_{\text{РОУВП,др}} := 742 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$I_{\text{РОУВП,др}} = 742 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Ентальпія охолоджувальної води

$$I_{\text{ох}} = 440 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Ентальпія свіжої води

$$I_{\text{св}} := 16.8 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Витрата пари на мазутне господарство

$$D_{\text{маз}} := \frac{Q_{\text{маз}}}{I_{\text{РОУВП}} - I_{\text{св}}}$$

$$D_{\text{маз}} = 0 \frac{\text{т}}{\text{год}}$$

Відпускання пари з РОУВП

$$D_{\text{стор.вп}} = 0 \frac{\text{т}}{\text{год}}$$

на стороннє споживання

Коефіцієнт повернення

$$\beta_{\text{стор.вп}} = 0$$

конденсату пари з РОУВП

Коефіцієнт надлишку подачі охолоджувальної води у РОУ ВП

$$K_{\text{РОУВП}} := K_{\text{ОУ}}$$

$$K_{\text{РОУВП}} = 1.05$$

Коефіцієнт збільшення витрати пари в РОУ ВП

$$Y := \frac{(I_0 - I_{\text{РОУВП}})}{(I_0 - I_{\text{ох}})}$$

$$Y = 0.18541$$

$$\beta_{\text{РОУВП}} := \frac{I_0}{I_{\text{РОУВП}} + (K_{\text{РОУВП}} - 1)Y \cdot I_{\text{РОУВП,др}} - K_{\text{РОУВП}} \cdot Y \cdot I_{\text{ох}}}$$

$$\beta_{\text{РОУВП}} = 1.22633$$

3.1.4.3. Відпускання теплової енергії на теплофікаційні потреби

Коефіцієнт навантаження системи опалення

$$\Theta := \max \left[ \frac{(T_{\text{вр}} - T_3)}{(T_{\text{вр}} - T_{30})}, 0 \right]$$

$$\Theta = 0.48889$$

Фактичне теплове навантаження бойлера

$$Q_{\text{бойл}} := \Theta \cdot Q_{\text{оп}}$$

$$Q_{\text{бойл}} = 0 \text{ МВт}$$

Температура води у подавальній лінії

$$T_{1\phi} := T_{\text{вр}} + \Theta (\tau_1 - T_{\text{вр}})$$

$$T_{1\phi} = 67.86667^\circ\text{C}$$

Температура води у зворотній лінії

$$T_{2\phi} := T_{\text{вр}} + \Theta (\tau_2 - T_{\text{вр}})$$

$$T_{2\phi} = 43.42222^\circ\text{C}$$

Ентальпія нагрівної пари на бойлер опалення

$$I_{\text{бойл}} := \begin{cases} I_{\text{ОУ}} & \text{if } K_{\text{пар.бойл}} = 0 \\ I_{\text{РОУВП}} & \text{otherwise} \end{cases} \quad I_{\text{бойл}} = 2748 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Температура конденсату з бойлера

$$T_{\text{к.бойл}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\t\_k\_bo.txt"})_0 \cdot ^\circ\text{C} \quad T_{\text{к.бойл}} = 80^\circ\text{C}$$

Ентальпія нагрівної пари на підігрівник ГВП

$$I_{\text{ПГВП}} := \begin{cases} I_{\text{ОУ}} & \text{if } K_{\text{пар.пгвп}} = 0 \\ I_{\text{РОУВП}} & \text{otherwise} \end{cases} \quad I_{\text{ПГВП}} = 2748 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Температура конденсату з ПГВП

$$T_{\text{к.ПГВП}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\t\_k\_pgvp.txt"})_0 \cdot ^\circ\text{C} \quad T_{\text{к.ПГВП}} = 100^\circ\text{C}$$

Ентальпія конденсату з бойлера

Витрата нагрівної пари на бойлер опалення

$$D_{\text{бойл}} := \frac{Q_{\text{бойл}}}{I_{\text{бойл}} - I_{\text{к.бойл}}} \quad D_{\text{бойл}} = 0 \frac{\text{т}}{\text{год}}$$

Кількість конденсату з бойлера

$$G_{\text{к.бойл}} := D_{\text{бойл}}$$

$$G_{\text{к.бойл}} = 0 \frac{\text{т}}{\text{год}}$$

Витрата води на підживлення тепломережі

$$G_{\text{підж.тм}} := G_{\text{уб.тм}} + G_{\text{ГВ}} \cdot K_{\text{ГВП}}$$

$$G_{\text{підж.тм}} = 0 \frac{\text{т}}{\text{год}}$$

Подача мережних насосів у теплофікаційну мережу опалення

$$G_{\text{мер}} := \frac{Q_{\text{бойл}}}{4.19 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot (T_{1\text{ф}} - T_{2\text{ф}})} + G_{\text{підж.тм}}$$

$$G_{\text{мер}} = 0 \frac{\text{т}}{\text{год}}$$

конденсату з бойлера

$$I_{\text{к.ПГВП}} := 419.1 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Ентальпія

Витрата нагрівної пари на ПГВП

$$D_{\text{ПГВП}} := \frac{Q_{\text{ГВП}} \cdot |K_{\text{ГВП}} - 1|}{I_{\text{ПГВП}} - I_{\text{к.ПГВП}}}$$

$$D_{\text{ПГВП}} = 0 \frac{\text{т}}{\text{год}}$$

Кількість конденсату з ПГВП

$$G_{\text{к.ПГВП}} := D_{\text{ПГВП}}$$

$$G_{\text{к.ПГВП}} = 0 \frac{\text{т}}{\text{год}}$$

Подача насосів у систему ГВП

$$G_{\text{мер.гвп}} := G_{\text{гв}} \cdot |K_{\text{гвп}} - 1| \quad G_{\text{мер.гвп}} = 0 \frac{\text{т}}{\text{год}}$$

#### 3.1.4.4. Деаераційно - живильна установка

$$\text{Тиск у деаераторі} \quad P_{\text{д}} := 1.2 \text{бар} \quad P_{\text{д}} = 1.2 \text{бар}$$

$$\text{Ентальпія живильної води в деаераторі} \quad I_{\text{д}} := 440.2 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad I_{\text{д}} = 440.2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$\text{Ентальпія випару з деаератора} \quad I_{\text{вип}} := 2676 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad I_{\text{вип}} = 2676 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$\text{Температура зворотнього конденсату} \quad T_{\text{зк0}} = 102^{\circ}\text{C} \quad T_{\text{зк1}} = 102^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Розрахункова кількість хімоочищеної води} \quad G_{\text{хв}} := G_{\text{хв.реж}}$$

Коефіцієнт власних потреб ХВО

$$K_{\text{хво}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\k\_hvo.txt"})_0 \quad K_{\text{хво}} = 1.05$$

$$T_{\text{св}} = 4^{\circ}\text{C}$$

Температура сирії води

Температура теплої сирії води перед ХВО

$$T_{\text{св.т}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\t\_sv\_t.txt"})_0 \cdot ^{\circ}\text{C} \quad T_{\text{св.т}} = 25^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Температура хімоочищеної води після ХВО} \quad T_{\text{хв}} := T_{\text{св.т}} \quad T_{\text{хв}} = 25^{\circ}\text{C}$$

Температура хімоочищеної води перед деаератором

$$T_{\text{хв.д}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\t\_hv\_d.txt"})_0 \cdot ^{\circ}\text{C} \quad T_{\text{хв.д}} = 95^{\circ}\text{C}$$

Ентальпія хімоочищеної

$$\text{води перед деаератором} \quad I_{\text{хв.д}} := 398 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad I_{\text{хв.д}} = 398 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Температура конденсатів з БЧД

$$T_{\text{бчд}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\t\_bcd.txt"})_0 \cdot ^{\circ}\text{C} \quad T_{\text{бчд}} = 100^{\circ}\text{C}$$

Температура дренажа з охолодника випару

$$T_{\text{др.вип}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\t\_dr\_ov.txt"})_0 \cdot ^{\circ}\text{C} \quad T_{\text{др.вип}} = 90^{\circ}\text{C}$$

Коефіцієнт випару з деаератора

$$A_{\text{вип}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\ a\_vyp.txt"})_0 \quad A_{\text{вип}} = 0.15\%$$

#### 3.1.4.5. Розширювач безперервного продування

Використання теплоти продувочної води з РБП (1-ПСВ, 2- ПХВ 0 - немає)

$$K_{\text{рбп.в}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\k\_rbp\_v.txt"})_0 \quad K_{\text{рбп.в}} = 2$$

Відведення пари з РБП (2-у атмосферу, 1-на деаератор, 0 - у паропровід з ОУ)

$$K_{\text{рбп.п}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\k\_rbp\_p.txt"})_0 \quad K_{\text{рбп.п}} = 1$$

$$P_{\text{рбп}} := \begin{cases} (P_{\text{д}} + 0.5 \cdot \text{бар}) & \text{if } K_{\text{рбп.п}} = 1 \\ (P_{\text{ОУ}} + 0.5 \cdot \text{бар}) & \text{if } K_{\text{рбп.п}} = 0 \\ (1.5 \text{бар}) & \text{otherwise} \end{cases} \quad P_{\text{рбп}} = 1.7 \text{бар}$$

Тиск у РБП

$$T_{\text{рбп}} := 115.1^{\circ}\text{C} \quad T_{\text{рбп}} = 115.1^{\circ}\text{C}$$

Ентальпія пари

самозакипання у РБП

$$I_{\text{рбп.п}} := 2699 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad I_{\text{рбп.п}} = 2699 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Ентальпія продувальної

води з РБП

$$I_{\text{рбп.в}} := 483.2 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad I_{\text{рбп.в}} = 483.2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Температура води з РБП під час

зливу до дренажу(перше наближення)

$$T_{\text{рбп.др}} := 50^{\circ}\text{C}$$

Ентальпія води з РБП під час зливу до дренажу(перше наближення)

$$I_{\text{рбп.др}} := 209.3 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad I_{\text{рбп.др}} = 209.3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

### 3.1.4.6. Утилізація дренажів

Відведення пари з РДНТ (2-у атмосферу 1-на деаератор, 0 - у паропровід з ОУ)

$$K_{\text{рднт.п}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\k\_rdnt\_p.txt"})_0 \quad K_{\text{рднт.п}} = 1$$

$$P_{\text{рднт}} := \begin{cases} (P_{\text{д}} + 0.5 \text{бар}) & \text{if } K_{\text{рднт.п}} = 1 \\ P_{\text{ОУ}} & \text{if } K_{\text{рднт.п}} = 0 \\ (1 \text{бар}) & \text{otherwise} \end{cases} \quad P_{\text{рднт}} = 1.7 \text{бар}$$

Тиск у РДНТ

Ентальпія пари самозакипання у РДНТ

$$I_{\text{рднт.п}} := 2699 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad I_{\text{рднт.п}} = 2699 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Ентальпія води після РДНТ

$$I_{\text{рднт.в}} := 483.2 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad I_{\text{рднт.в}} = 483.2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Тиск у БЧД

$$P_{\text{бчд}} := 1.01 \cdot \text{бар}$$

Ентальпія пари самозакипання у БЧД

$$I_{\text{бчд.п}} := 2675 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad I_{\text{бчд.п}} = 2675 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Ентальпія води після БЧД

$$I_{\text{бчд.в}} := 418.6 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad I_{\text{бчд.в}} = 418.6 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Відведення конд-тів (0 - БЧД 1 - РДНТ 2-барботаж (конденсат не відводиться))

$$K_{\text{кд.псв}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\k\_kd\_psv.txt"})_0 \quad K_{\text{кд.псв}} = 0$$

$$K_{\text{кд.пхв}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\k\_kd\_phv.txt"})_0 \quad K_{\text{кд.пхв}} = 0$$

$$K_{\text{кд.бойл}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\k\_kd\_bo.txt"})_0 \quad K_{\text{кд.бойл}} = 1$$

$$K_{\text{кд.пгвп}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\k\_kd\_pgv.txt"})_0 \quad K_{\text{кд.пгвп}} = 0$$

$$K_{\text{кд.пвт}} := \text{READPRN}(\text{"trans\tec\k\_kd\_pvt.txt"})_0 \quad K_{\text{кд.пвт}} = 0$$

$$K_{\text{пар}_{0,0}} := \begin{cases} 1 & \text{if } K_{\text{пар.псв}} = 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad K_{\text{пар}_{1,0}} := \begin{cases} 1 & \text{if } K_{\text{пар.пхв}} = 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$K_{\text{пар}_{3,0}} := \begin{cases} 1 & \text{if } K_{\text{пар.пвт}} = 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad K_{\text{пар}_{4,0}} := \begin{cases} 1 & \text{if } K_{\text{пар.бойл}} = 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$K_{\text{пар}_{5,0}} := \begin{cases} 1 & \text{if } K_{\text{пар.пгвп}} = 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad K_{\text{пар}_{0,1}} := \begin{cases} 1 & \text{if } K_{\text{пар.псв}} = 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$K_{\text{пар}_{1,1}} := \begin{cases} 1 & \text{if } K_{\text{пар.пхв}} = 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad K_{\text{пар}_{3,1}} := \begin{cases} 1 & \text{if } K_{\text{пар.пвт}} = 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$K_{\text{пар}_{4,1}} := \begin{cases} 1 & \text{if } K_{\text{пар.бойл}} = 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad K_{\text{пар}_{5,1}} := \begin{cases} 1 & \text{if } K_{\text{пар.пгвп}} = 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$K_{\text{пар}_{2,0}} := \begin{cases} 1 & \text{if } K_{\text{пар.да}} = 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad K_{\text{пар}_{2,1}} := \begin{cases} 1 & \text{if } K_{\text{пар.да}} = 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$I_{\text{псв}} := \begin{cases} I_{\text{роу1}} & \text{if } K_{\text{пар.псв}} = 0 \\ I_{\text{роувп}} & \text{otherwise} \end{cases} \quad I_{\text{пвт}} := \begin{cases} I_{\text{роу1}} & \text{if } K_{\text{пар.пвт}} = 0 \\ I_{\text{роувп}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$I_{\text{пхв}} := \begin{cases} I_{\text{роу1}} & \text{if } K_{\text{пар.пхв}} = 0 \\ I_{\text{роувп}} & \text{otherwise} \end{cases} \quad I_{\text{к.пвт}} := \begin{cases} I_{\text{роу1.др}} & \text{if } K_{\text{пар.пвт}} = 0 \\ I_{\text{роувп.др}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$I_{\text{гр.д}} := \begin{cases} I_{\text{роу1}} & \text{if } K_{\text{пар.да}} = 0 \\ I_{\text{роувп}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$K_{\text{кд}_{0,0}} := \begin{cases} 1 & \text{if } K_{\text{кд.псв}} = 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad K_{\text{кд}_{1,0}} := \begin{cases} 1 & \text{if } K_{\text{кд.пхв}} = 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\begin{array}{l}
K_{\text{КД}2,0} := \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ if } K_{\text{КД.ПВТ}} = 0 \\ 0 \text{ otherwise} \end{array} \right. \quad K_{\text{КД}3,0} := \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ if } K_{\text{КД.бойл}} = 0 \\ 0 \text{ otherwise} \end{array} \right. \\
K_{\text{КД}4,0} := \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ if } K_{\text{КД.ПГВП}} = 0 \\ 0 \text{ otherwise} \end{array} \right. \quad K_{\text{КД}0,1} := \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ if } K_{\text{КД.ПСВ}} = 1 \\ 0 \text{ otherwise} \end{array} \right. \\
K_{\text{КД}1,1} := \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ if } K_{\text{КД.ПХВ}} = 1 \\ 0 \text{ otherwise} \end{array} \right. \quad K_{\text{КД}2,1} := \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ if } K_{\text{КД.ПВТ}} = 1 \\ 0 \text{ otherwise} \end{array} \right. \\
K_{\text{КД}3,1} := \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ if } K_{\text{КД.бойл}} = 1 \\ 0 \text{ otherwise} \end{array} \right. \quad K_{\text{КД}4,1} := \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ if } K_{\text{КД.ПГВП}} = 1 \\ 0 \text{ otherwise} \end{array} \right. \\
K_{\text{КД}0,2} := \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ if } K_{\text{КД.ПСВ}} = 2 \\ 0 \text{ otherwise} \end{array} \right. \quad K_{\text{КД}1,2} := \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ if } K_{\text{КД.ПХВ}} = 2 \\ 0 \text{ otherwise} \end{array} \right. \\
K_{\text{КД}2,2} := \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ if } K_{\text{КД.ПВТ}} = 2 \\ 0 \text{ otherwise} \end{array} \right. \quad K_{\text{КД}3,2} := \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ if } K_{\text{КД.бойл}} = 2 \\ 0 \text{ otherwise} \end{array} \right. \\
K_{\text{КД}4,2} := \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ if } K_{\text{КД.ПГВП}} = 2 \\ 0 \text{ otherwise} \end{array} \right.
\end{array}$$

### 3.2. Розрахунок теплової схеми ТЕЦ

Розрахунок виконано ітераційним методом з використанням операторів Given і Find, між якими розміщується система рівнянь, яка є розрахунковою математичною моделлю, що описує теплову схему ТЕЦ. Mathcad дозволяє вирішувати систему рівнянь з потрібною точністю, для чого задають перші наближення розрахункових величин, а програма знаходить їх дійсні значення, наведені нижче.

#### 3.2.1. Результати розрахунку

$$\begin{array}{l}
D_{\text{потр}} = 137.04066 \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad D_{\text{РОУ1}} = 30.80206 \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad D_{\text{РОУ1.о}} = 24.8344 \frac{\text{Т}}{\text{год}} \\
G_{\text{РОУ1}} = 6.26645 \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad G_{\text{РОУ1.др}} = 0.30685 \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad D_{\text{РОУВП}} = 5.00897 \frac{\text{Т}}{\text{год}} \\
D_{\text{РОУВП.о}} = 4.08414 \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad G_{\text{уб.ТЕЦ}} = 146.10761 \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad G_{\text{РОУВП}} = 0.97145 \frac{\text{Т}}{\text{год}} \\
D_{\text{потр}} = 137.04066 \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad D_{\text{РОУ1}} = 30.80206 \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad D_{\text{РОУ1.о}} = 24.8344 \frac{\text{Т}}{\text{год}}
\end{array}$$

$$G_{\text{РОУ1}} = 6.26645 \frac{\text{Т}}{\text{год}} G_{\text{РОУ1.др}} = 0.30685 \frac{\text{Т}}{\text{год}} D_{\text{РОУВП}} = 5.00897 \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

$$D_{\text{РОУВП.о}} = 4.08414 \frac{\text{Т}}{\text{год}} G_{\text{уб.ТЕЦ}} = 146.10761 \frac{\text{Т}}{\text{год}} G_{\text{РОУВП}} = 0.97145 \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

$$G_{\text{рднт}} = 0.72596 \frac{\text{Т}}{\text{год}} G_{\text{бчд.с}} = 3.6 \text{s K kg}^{-1} \frac{\text{Т}}{\text{год}} I_{\text{бчд.с}} = 471.94821 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$D_{\text{бчд}} = 0.0192 \frac{\text{Т}}{\text{год}} G_{\text{бчд}} = 0.79272 \frac{\text{Т}}{\text{год}} G_{\text{жв}} = 145.96821 \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

$$G_{\text{прод}} \cdot I_{\text{кв}} = 0.79145 \text{МВт} \quad D_{\text{вип}} \cdot I_{\text{вип}} = 0.6595 \text{МВт} \quad G_{\text{хв}} = 1 \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

nn

$$G_{\text{прод.др}} = 1.84641 \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad D_{\text{д0}} = -0.66827 \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad G_{\text{зк.потр}} = 0 \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

$$G_{\text{РОУВП.др}} = 0.05406 \frac{\text{Т}}{\text{год}} G_{\text{св}} = 1.05035 \frac{\text{Т}}{\text{год}} G_{\text{рднт.с}} = 0.74121 \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

$$D_{\text{вип}} = 0.88722 \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad D_{\text{д}} = 0 \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad D_{\text{втр.о}} = 0.63968 \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

$$T_{\text{св1}} = 4^{\circ}\text{C} \quad G_{\text{кд.бчд}} = 0.00883 \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad T_{\text{рбп.др.ф}} = 75.27965^{\circ}\text{C}$$

$$I_{\text{рднт.с}} = 581.57542 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad D_{\text{пг}} = 128.57567 \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad D_{\text{оу}} = 106.23868 \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

$$D_{\text{рднт}} = 0.02408 \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad T_{\text{хв1}} = 95^{\circ}\text{C} \quad G_{\text{оу}} = 7.58313 \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

$$G_{\text{пг}} = 131.14718 \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad D_{\text{псв}} = 0.05058 \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad G_{\text{прод}} = 2.57151 \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

$$D_{\text{пхв}} = 0.00883 \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad D_{\text{оу.о}} = 99.01703 \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad D_{\text{рбп}} = 0.7251 \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

$$D_{\text{пвт}} = 0.0089 \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad D_{\text{вихл}} = 422.49655 \times 10^{-6} \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad G_{\text{оу.др}} = 0.36955 \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

Додаткове надходження пари з РБП та РДНТ у паропровід після РОУ1

$$D_{\text{РОУ1д}} := \begin{cases} D_{\text{рбп}} & \text{if } K_{\text{рбп.п}} = 0 \\ 0 \cdot \frac{\text{Т}}{\text{год}} & \text{otherwise} \end{cases} + \begin{cases} D_{\text{рднт}} & \text{if } K_{\text{рднт.п}} = 0 \\ 0 \cdot \frac{\text{Т}}{\text{год}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$D_{\text{РОУ1д}} = 0 \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

Фактична ентальпія продувочної води, що зливається в дренаж

$$I_{\text{рбп.др}} := 209.3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$I_{\text{рбп.др}} = 209.3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Надлишок конденсату вторинної пари 1 корпусу, що повертається на завод

$$G_{\text{зк.надл}} := G_{\text{зк1}} - G_{\text{зк.потр}}$$

$$G_{\text{зк.надл}} = 65.10119 \frac{\text{т}}{\text{год}}$$

Фактична частка повернення конденсату з заводу

$$\beta_{\text{зк}} := \frac{(G_{\text{зк0}} + G_{\text{зк.потр}})}{D_{\text{техн}}}$$

$$\beta_{\text{зк}} = 1.11631$$

Фактична ентальпія зворотнього конденсату з заводу

$$I_{\text{зк}} := \frac{G_{\text{зк0}} \cdot I_{\text{зк0}} + G_{\text{зк.потр}} \cdot I_{\text{зк1}}}{G_{\text{зк0}} + G_{\text{зк.потр}}}$$

$$I_{\text{зк}} = 427.5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Для забезпечення сумарної паропродуктивності

$$D_{\text{пг}} = 128.57567 \frac{\text{т}}{\text{год}}$$

розраховуємо оптимальні продуктивності парогенераторів:

```

M:= | k ← 0.1
    | a ← 0
    | b ← 0
    | c ← 0
    | d ← 0
    |
    | 
$$D_{\text{III.НОМ}} \leftarrow \begin{pmatrix} 35 \\ 30 \\ 30 \\ 30 \\ 30 \end{pmatrix}$$

    |
    | for a ∈ 0, 2..DIII.НОМ0
    |   for b ∈ 0, 2..DIII.НОМ1
    |     for c ∈ 0, 2..DIII.НОМ2
    |       for d ∈ 0, 2..DIII.НОМ3
    |         |
    |         | e ← DIII ·  $\frac{\text{год}}{\Gamma}$  - a - b - c - d if 0 < DIII ·  $\frac{\text{год}}{\Gamma}$  - a - b - c - d < DIII.НОМ4
    |         | 10000 otherwise
    |         | t ←  $\frac{\eta_{\text{III}0}(a) \cdot a + \eta_{\text{III}1}(b) \cdot b + \eta_{\text{III}2}(c) \cdot c + \eta_{\text{III}3}(d) \cdot d + \eta_{\text{III}4}(e) \cdot e}{D_{\text{III}} \cdot \frac{\text{год}}{\Gamma}}$ 
    |         |
    |         | if t > k
    |         |   | k ← t
    |         |   | m ← a
    |         |   | n ← b
    |         |   | o ← c
    |         |   | p ← d
    |         |   | q ← e
    |         |
    |         | DIII.опт0 ← m
    |         | DIII.опт1 ← n
    |         | DIII.опт2 ← o
    |         | DIII.опт3 ← p
    |         | DIII.опт4 ← q

```

$$M = \begin{pmatrix} 34 \\ 6 \\ 30 \\ 30 \\ 28.57567 \\ 0.90688 \end{pmatrix}$$

Оптимальні значення продуктивності парогенераторів:

$$D_{\text{пг.опт1}} = 34 \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad D_{\text{пг.опт2}} = 6 \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad D_{\text{пг.опт3}} = 30 \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

$$D_{\text{пг.опт4}} = 30 \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad D_{\text{пг.опт5}} = 28.57567 \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

Оптимальне значення середньозваженого ККД парогенераторів складає:

$$\eta_{\text{пг}} = 90.68843\%$$

$$D_{\text{пг.опт1}} := M_0 \cdot \frac{\text{Т}}{\text{год}} \cdot \frac{\text{год}}{\text{Т}} \quad D_{\text{пг.опт2}} := M_1 \cdot \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad D_{\text{пг.опт3}} := M_2 \cdot \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

$$D_{\text{пг.опт4}} := M_3 \cdot \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad D_{\text{пг.опт5}} := M_4 \cdot \frac{\text{Т}}{\text{год}} \quad \eta_{\text{пг}} := M_5$$

$$Z_0 := D_{\text{пг.опт1}} \cdot \frac{\text{год}}{\text{Т}} \quad Z_1 := D_{\text{пг.опт2}} \cdot \frac{\text{год}}{\text{Т}} \quad Z_2 := D_{\text{пг.опт3}} \cdot \frac{\text{год}}{\text{Т}}$$

$$Z_3 := D_{\text{пг.опт4}} \cdot \frac{\text{год}}{\text{Т}} \quad Z_4 := D_{\text{пг.опт5}} \cdot \frac{\text{год}}{\text{Т}} \quad Z_5 := \eta_{\text{пг}}$$

$$Z_6 := D_{\text{техн}} \cdot \frac{\text{год}}{\text{Т}}$$

WRITEPRN("trans\Z.txt") := Z

### 3.2.2. Розрахунок показників ефективності ТЕЦ

Витрата теплоти, підведена до живильної води

$$Q_0 := D_{\text{пг}} \cdot (I_{\text{пг}} - I_{\text{жв}}) + a_{\text{прод}} \cdot 10^6 \cdot \left( \frac{1}{\text{кВ}} - \frac{1}{\text{жв}} \right)$$

Витрата теплової енергії на переробку буряків

$$Q_{\text{техн}} := D_{\text{техн}} \cdot (I_{\text{оу}} - \beta_{\text{зк}} \cdot I_{\text{зк}}) + D_{\text{різк}} \cdot I_{\text{рфувп}} + D_{\text{к}} \cdot I_{\text{пг}}$$

$$d_{\text{т0}} := \frac{Q_0 + Q_{\text{техн}}}{\eta_{\text{пг}} \cdot \eta_{\text{м}}}$$

Питома витрата теплової енергії на переробку буряків

ККД дуробудівництва за виробленою енергією

$$\eta_{\text{ТЕЦ},e} := \eta_{\text{ПГ}} \cdot \eta_{\text{ТУ},e} \cdot \eta_{\text{ТП}} \quad \eta_{\text{ТЕЦ},e} = 0.81736$$

ККД ТЕЦ за виробленою теплоенергією

$$\eta_{\text{ТЕЦ},T} := \eta_{\text{ПГ}} \cdot \eta_{\text{ТУ},T} \cdot \eta_{\text{ТП}} \quad \eta_{\text{ТЕЦ},T} = 0.87097$$

Питома витрата умовного палива на вироблену теплову енергію

$$b_T := \frac{143 \cdot \frac{\text{кг}}{\text{Гкал}}}{\eta_{\text{ТЕЦ},T}} \quad b_T = 164.18445 \frac{\text{кг}}{\text{Гкал}}$$

Питома витрата умовного палива на вироблену електроенергію

$$b_e := \frac{123 \cdot \frac{\text{Г}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}}{\eta_{\text{ТЕЦ},e}} \quad b_e = 150.48524 \frac{\text{Г}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$$

Витрата умовного палива на ТЕЦ

$$V_{\text{ТЕЦ},y} = 14.0005 \frac{\text{Т}}{\text{год}}$$

Питома витрата умовного палива на сокодобування

$$b_{\text{УМ}} = 5.38\%$$

$$\text{WRITEPRN}("trans\B\_tec\_u.txt") := V_{\text{ТЕЦ},y} \cdot b_{\text{УМ}}^{-1} \cdot \text{год}$$

Комплексна питома витрата умовного палива на переробку цукрових буряків  
Витрата фактичного палива на ТЕЦ

$$b_{\text{УМ},K} := b_{\text{УМ}} + b_{T1} + b_{T2} + b_{T3} + b_{T4} \quad b_{\text{УМ},K} = 6.14\%$$

$$V_{\text{ТЕЦ},\phi} := V_{\text{ТЕЦ},y} \cdot \frac{Q_{\text{ПУ}}}{Q_{\text{Н},p}} \quad V_{\text{ТЕЦ},\phi} = 12.28975 \frac{1000 \cdot \text{м}^3}{\text{год}}$$

### 3.2.3. Баланс теплоти і палива

Стаття балансу: Теплова енергія, Еквівалент у паливі

Питома витрата умовного палива на відпущену електроенергію

$$b_{\text{Т.ВІДП}} := b_{\text{Т.ВІДП}} \cdot K_{\text{ВІДП}} \quad b_{\text{Т.ВІДП}} = 173.05803 \frac{\text{Г}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$$

Питома витрата умовного палива на відпущену теплову енергію

$$Q_{\text{Н1}} = 113.99 \text{ МВт} \quad b_{\text{Т.ВІДП}} := b_{\text{Т}} \cdot K_{\text{ВІДП}} \quad b_{\text{Т.ВІДП}} = 12.29 \frac{1000 \cdot \text{м}^3}{\text{год}}$$

$$b_{\text{Т.ВІДП}} = 100\% \quad b_{\text{Т.ВІДП}} = 172.39367 \frac{\text{кг}}{\text{Гкал}}$$

Питома витрата електроенергії на переробку цукрових буряків  
конденсатом з

Питома витрата умовного палива на вироблення електроенергії на переробку цукрових буряків

$$b_{\text{УМ},e} := b_{\text{УМ}} \cdot K_{\text{ТЕХН}} \quad b_{\text{УМ},e} = 0.00085038 \frac{\text{Г}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$$

Втрати з водою від безперервної продувки парогенераторів

$$Q_{\text{втр.бп}} := G_{\text{прод.др}} \cdot I_{\text{рбп.др}} \quad Q_{\text{втр.бп}} = 0.11 \text{ МВт} \quad V_{\text{втр.бп}} := \frac{Q_{\text{втр.бп}}}{Q_{\text{н.р}}} \quad V_{\text{втр.бп}} = 11.57 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Втрати, пов'язані з вихлопом з турбіни

$$Q_{\text{втр.вихл}} := D_{\text{вихл}} \cdot I_{\text{к}} \quad Q_{\text{втр.вихл}} = 342.31 \times 10^{-6} \text{ МВт} \quad V_{\text{втр.вихл}} := \frac{Q_{\text{втр.вихл}}}{Q_{\text{н.р}}} \\ V_{\text{втр.вихл}} = 0.04 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Втрати перегрітої пари у ТЕЦ

$$Q_{\text{втр.ін}} := D_{\text{втр.о}} \cdot I_{\text{пп}} \quad Q_{\text{втр.ін}} = 0.59 \text{ МВт} \quad V_{\text{втр.ін}} := \frac{Q_{\text{втр.ін}}}{Q_{\text{н.р}}} \quad V_{\text{втр.ін}} = 63.62 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Сумарні втрати теплоти у ТЕЦ

$$Q_{\text{втр.с}} := Q_{\text{втр.лг}} + Q_{\text{втр.тг}} + Q_{\text{втр.тп}} + Q_{\text{втр.виц}} + Q_{\text{втр.бп}} + Q_{\text{втр.ін}} + Q_{\text{втр.в.рбп}} + Q_{\text{втр.вихл}} \\ Q_{\text{втр.с}} = 14.37 \text{ МВт} \quad V_{\text{втр.с}} := \frac{Q_{\text{втр.с}}}{Q_{\text{н.р}}} \quad V_{\text{втр.с}} = 1.55 \frac{1000 \text{ м}^3}{\text{год}}$$

Нев'язка теплового балансу:

$$Q_{\text{н}} = 139.88 \text{ МВт} \quad Q_{\text{в}} + Q_{\text{втр.с}} = 140.16 \text{ МВт} \\ \Delta Q := Q_{\text{н}} - Q_{\text{в}} - Q_{\text{втр.с}} \quad \Delta Q = -0.28 \text{ МВт} \quad \Delta Q_{\text{відн}} := \frac{\Delta Q}{Q_{\text{н}}} \quad \Delta Q_{\text{відн}} = -0.2\%$$

## **Висновки**

- Проаналізовано роботи різних авторів з моделювання ТЕЦ як елементу теплоенергетичного комплексу цукрового заводу.
- Створено комп'ютерну програму розрахункової математичної моделі ТЕЦ, яка враховує попит споживачів на теплову та електричну енергію і розподіляє навантаження на працюючі парогенератори з оптимальною ефективністю.
- Для перевірки працездатності моделі був проведений комп'ютерний експеримент:
  - по визначенню впливу  $D_{техн}$  на розподілення навантаження по парогенераторах.
  - по визначенню впливу  $D_{техн}$  на середньозважений ККД.

## Список використаних джерел

1. Н.Ю. Тобілевич, В.Т. Гаряжа, М.О. Прядко. Теплове господарство цукрових заводів. - К., 1973. – 210 с.
2. Тобилевич Н.Ю. и др. Методические указания по проектированию ТЭЦ промышленных предприятий. - Ч.1.- К.: КТИПП, 1983.
3. В.Я. Рыжкин. Тепловые электрические станции.-М.: Энергия, 1976. - 448с.
4. В.А. Колесников, Ю.Г. Нечаев. Теплосиловое хозяйство сахарных заводов.- М.: Пищевая промышленность, 1980.-392с
5. Загородский С. Тепловое хозяйство сахарных заводов.- Пер. с польск.- Под ред. А.Р.Сапронова. М. : Легкая и пищевая промышленность, 1984-128 с.
6. Тобилевич Н.Ю. и др. Методические указания по проектированию ТЭЦ промышленных предприятий. - Ч. 2.- К.: КТИПП, 1983.

## Додатки

### Додаток 1.

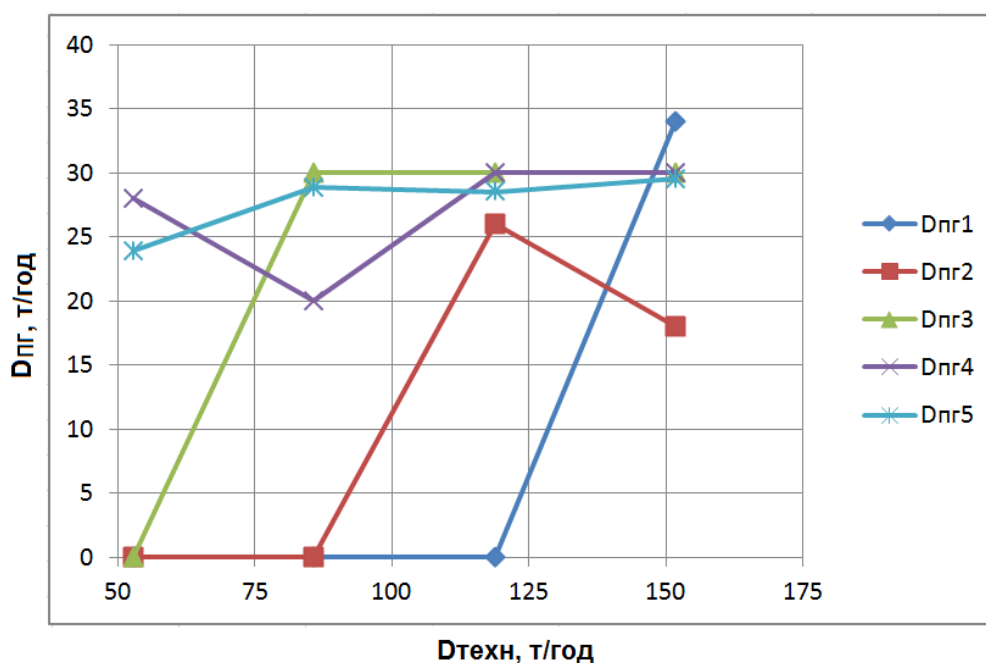
Результати обчислювального експерименту по визначенню оптимального навантаження парогенераторів ТЕЦ в залежності від витрати пари на технологічні потреби

Дтехн, т/год	52,8	85,8	118,8	151,8
Дпг1, т/год	0	0	0	34
Дпг2, т/год	0	0	26	18
Дпг3, т/год	0	30	30	30
Дпг4, т/год	28	20	30	30
Дпг5, т/год	23,93	28,86	28,54	29,53
$\eta$ , %	90,61	91,03	90,72	90,63

### Додаток 2.

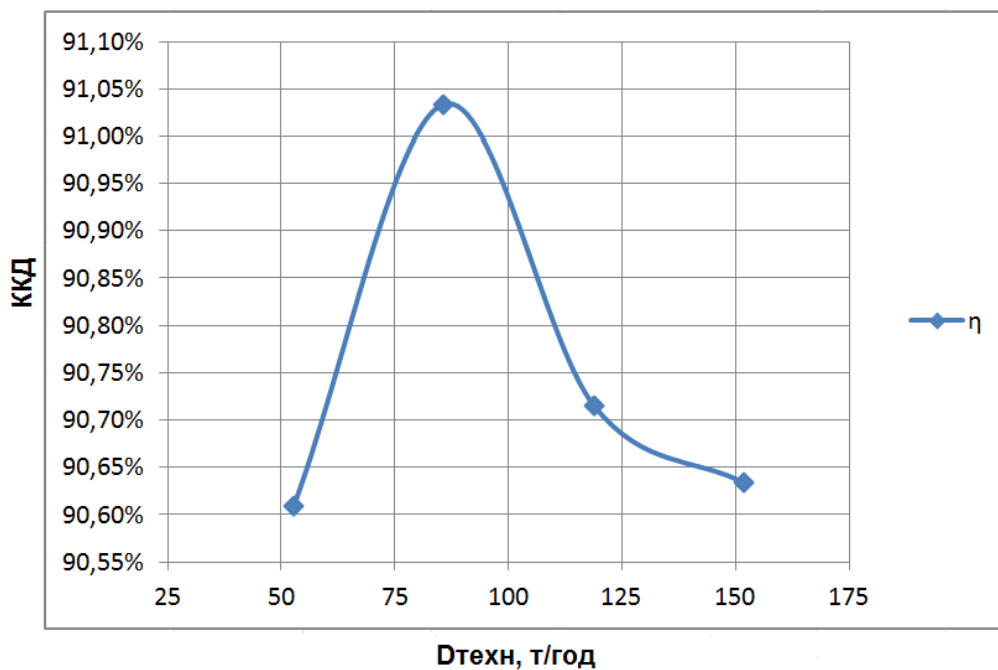
Результати обчислювального експерименту.

Графічна залежність оптимального навантаження парогенераторів ТЕЦ в залежності від витрати пари на технологічні потреби



## Результати обчислювального експерименту.

Графічна залежність середньозваженого коефіцієнта корисної дії парогенераторів ТЕЦ в залежності від витрати пари на технологічні потреби



### Теплова схема ТЕЦ

