

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Навчально-науковий інститут атомної і теплової
енергетики

(повна назва факультету)

Кафедра теплової та альтернативної енергетики

(повна назва кафедри)

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

Ольга ЧЕРНОУСЕНКО

(підпис)

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«__» _____ 2024 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою

«Теплоенергетика та теплоенергетичні установки
електростанцій»

(спеціалізація)

спеціальності 144 «Теплоенергетика»

(код та назва спеціальності)

на тему:

«Проектування ТЕЦ великої потужності з турбінами Т-
250/300-240»

Виконав: студент II курсу, групи ТУ-21мп

(шифр групи)

Дорошенко Володимир Володимирович

(Прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник: ст. викл., к.т.н. Шелешей Тетяна Вікторівна

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

(підпис)

Консультанти:

з питань охорони праці доц., к.т.н., доц. Каштанов Сергій Федорович

(назва розділу)

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

(підпис)

з питань економіки ст. викл. Наталка Яківна Бойчук

(назва розділу)

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

(підпис)

Рецензент: директор нтц “Флогістон” Дворцин Геннадій Романович

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

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент

(підпис)

Керівник

(підпис)

Київ – 2024 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий інститут атомної і теплової енергетики

(повна назва факультету)

Кафедра теплової та альтернативної енергетики

(повна назва кафедри)

Рівень вищої освіти – другий (магістрський)

Спеціальність – 144 «Теплоенергетика»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій»

(спеціалізація)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Ольга ЧЕРНОУСЕНКО
(підпис) (Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту

_____ Дорошенко Володимир

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту « Проектування ТЕЦ великої потужності з турбінами Т-250/300-240» _____

керівник проекту ст.викл., к.т.н. Шелешей Тетяна Вікторівна

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

затверджені наказом по університету

2. Термін подання студентом проекту 9 січня

3. Вихідні дані до проекту $Q_{\max}=750$ МВт; $D_{\text{пр}}=1000$ т/год; $9\gamma_{\text{в}}=\%$; $\gamma_{\text{ГВП}}=23\%$; Основне паливо – природний газ _____

4. Зміст пояснювальної записки: Техніко-економічне обґрунтування вибору основного устаткування ТЕЦ; Тепломеханічна частина; Охорона праці; АСУ Електрична частина; _____

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) Теплова схема турбіни Т-250/300-240; Генеральний план станції; Поперечний розріз головного корпусу; Головна електрична схема; АСУ ТП; Вартість компонентів; Моделювання довговічності ТЕЦ; Щільність вірогідності.

6.Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Каштанов С. Ф.		
Економіка	Бойчук Н. Я.		

7.Дата видачі завдання 12 вересня 2023

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	ТЕО проекту	12.09.2023	
2	Тепломеханічна частина	14.09.2023	
3	Охорона праці	12.01.2023	
4	Креслення теплової схеми турбіни	13.12.2023	
5	Креслення поперечного розрізу ГК	16.12.2023	
6	Креслення генерального плану	16.12.2023	
7	Креслення головної ел. схеми	16.12.2023	
8	Креслення АСУ ТП	16.12.2023	
9	Креслення вартості компонентів	22.12.2023	
10	Креслення моделювання довговічності ТЕЦ	22.12.2023	
11	Креслення щільності вірогідності	22.12.2023	
12	Оформлення пояснювальної записки	02.01.2024	
13	Захист МД	09.01.2024	

Студент

(підпис)

Володимир ДОРОШЕНКО

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник

(підпис)

Тетяна ШЕЛЕШЕЙ

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	КПІ.МД.24.144.71331.ТЕЦ.ПЗ	Пояснювальна записка		
3	A1	КПІ.МД.24.144.71331.ТЕЦ.ТК001	Теплова схема	1	
4	A1	КПІ.МД.24.144.71331.ТЕЦ.ТК002	Поперечний розріз	1	
5	A1	КПІ.МД.24.144.71331.ТЕЦ.ТК003	Генеральний план	1	
6	A1	КПІ.МД.24.144.71331.ТЕЦ.ТК004	Спрощена теплова схема	1	
7	A1	КПІ.МД.24.144.71331.ТЕЦ.ТК005	Первинна електрична схема	1	
8	A1	КПІ.МД.24.144.71331.ТЕЦ.ТК006	Головна електрична схема	1	
9	A1	КПІ.МД.24.144.71331.ТЕЦ.ТК007	Вартість компонентів	1	
10	A1	КПІ.МД.24.144.71331.ТЕЦ.ТК008	Моделювання довговічності ТЕЦ	1	

				КПІ.МД.24.144.71331.ТЕЦ.ПЗ		
	ПБ	Підпис	Дата			
Розробник	Володимир ДОРОШЕНКО			Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівник	Тетяна ШЕЛЕШЕЙ				4	
Тех. контр.	Андрій СОЛОМАХА				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ТЕУ Гр. ТУ- <u>21мп</u>	
Н/контр.	Володимир СЕРЕДА					
Зав. каф.	Ольга ЧЕРНОУСЕНКО					

**Пояснювальна записка до
дипломного проекту на тему:**

«Проектування ТЕЦ великої потужності з турбінами Т-250/300-240»

АНОТАЦІЯ

Спроектована теплоелектроцентрально з тепловою потужністю 750 МВт, що призначена для покриття потреб в гарячій воді.

За допомогою техніко-економічного розрахунку було проведено порівняльний аналіз варіантів вибору основного обладнання ТЕЦ та визначено оптимальний (економічно найвигідніший) варіант. Цим варіантом виявилася установка парових турбін Т-250-300/240; а також було проведено розрахунок теплової схеми, вибір допоміжного обладнання і екологічний розрахунок.

Проект має графічну частину, що складається з 8 креслень:

- розгорнута теплова схема ТЕЦ;
- розріз головного корпусу;
- генеральний план;
- спрощена теплова схема;
- первинна електрична схема;
- головна електрична схема;
- вартість компонентів;
- моделювання довговічності ТЕЦ.

SUMMARY

A thermal power plant with a thermal capacity of 750 MW has been designed for the purpose of meeting the demand for hot water.

Using technical and economic calculations, a comparative analysis of options for selecting the main equipment for the combined heat and power plant (CHP) was conducted, and the optimal (most economically advantageous) option was determined.

The chosen option turned out to be the installation of steam turbines T-250-300/240. Additionally, thermal scheme calculations, selection of auxiliary equipment, and environmental assessments were carried out.

The project includes a graphical part consisting of 8 drawings:

- thermal scheme of the Combined Heat and Power Plant (CHP);
- cross-section of the main body;
- site plan;
- simplified heat diagram;
- primary electrical circuit;
- main electrical scheme;
- cost of components;

modeling the longevity of the CHP.

ЗМІСТ

1	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ ТЕЦ.....	15
1.1	Розрахунок капітальних вкладень в ТЕЦ.....	15
1.2	Визначення річних витрат палива на ТЕЦ.....	16
1.2.1	Визначення витрат і поточних витрат на ТЕЦ.....	17
1.3	Розрахунок роздільної схеми виробництва теплової та електричної енергії.....	18
1.3.1	Розрахунок капітальних вкладень і річних витрат палива на електростанції.....	18
1.3.2	Котельня.....	20
1.4	Визначення сумарних значень спліт-схеми.....	21
1.4.1	Комбінована схема.....	22
1.4.2	Спліт схема КЕС.....	24
1.5	Техніко-економічні показники.....	26
1.5.1	КЕС.....	28
1.5.2	Котельня.....	29
1.6	Обґрунтування будівництва ТЕЦ та підбір основного обладнання.....	32
1.6.1	Величини теплових навантажень.....	32
1.6.2	Обґрунтування теплових навантажень.....	33
1.6.3	Підбір основного обладнання ТЕЦ.....	34
1.6.4	Розрахунок вкладень в основне обладнання.....	35
1.6.5	Розділена схема.....	39
1.6.6	Капітальні інвестиції та річні операційні витрати.....	41
1.7	Розрахунок котельні.....	43
1.8	Розрахунок вартості спліт-схеми.....	43
1.9	Розрахунок NPV.....	44
2	ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА.....	47
2.1	Генератори.....	47

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

2.2 Трансформатори.....	47
2.3 Електричні схеми.....	48
2.4 Підбір електроприладів.....	55
2.5 Вибір перемикача.....	55
2.6 Тепловий імпульс короткого замикання квадратичного струму.....	59
2.7 Вибір роз'єднувача.....	59
2.8 Підбір вимірювальних трансформаторів струму.....	60
2.9 Підбір трансформаторів напруги приладів.....	61
 3 ТЕПЛОМЕХАНІЧНА ЧАСТИНА.....	 73
3.1 Генеральний план.....	73
3.1.1 Вихідні дані для розрахунку.....	74
3.1.2 Побудова процесу розширення в h -с-діаграмі.....	75
3.2 Розрахунок мережевої установки.....	76
3.2.1 Складання таблиці стану пари і води в системі регенерації.....	77
3.2.2 Складання балансу пари і води.....	79
3.2.3 Розрахунок системи ПВД.....	80
3.2.4 Розрахункова схема ПВД (схема Віолет).....	80
3.2.5 Розрахунок турбопривода живильного насоса.....	83
3.2.6 Розрахунок деаератора живильної води.....	84
3.2.7 Розрахункова схема деаератора живильної води.....	85
3.3 Розрахунок системи ПНД.....	86
3.3.1 Розрахункова схема ПНД 4 і ПНД 5.....	87
3.3.2 Розрахунок точки змішування потоків конденсату СМ-2.....	88
3.3.3 Розрахунок точки змішування потоків конденсату СМ-3.....	89
3.3.4 Розрахунок ПНД 3.....	90
3.3.5 Розрахунок ОЕ, ЕУ, СП.....	91
3.4 Визначення витрати пари на турбіну та перевірка її потужності.....	92
3.5 Розрахунок економічних показників турбоустановки.....	94
3.6 Укрупнений розрахунок котельного агрегату ТГМП-314.....	95

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

3.6.1 Вхідні дані.....	95
3.6.2 Розрахунок котельного агрегату при спалюванні мазуту.....	96
3.6.3 Тепловий баланс котельного агрегату.....	98
3.6.4 Визначити втрати тепла з відпрацьованими газами.....	98
3.6.5 Визначити теплоту, яка використовується з користю.....	99
3.7 Визначення годинної витрати палива на один котел.....	100
3.7.1 Розрахунок котельного агрегату при згорянні газу.....	100
3.7.2 Теоретичні мінімальні об'єми продуктів згоряння.....	100
3.7.3 Тепловий баланс котельного агрегату.....	101
3.8 Доступне тепло на рідкому паливі.....	102
3.8.1 Визначити втрати тепла з відпрацьованими газами.....	102
3.8.2 Визначити теплоту, яка використовується з користю.....	103
3.8.3 Визначення годинної витрати палива на один котел.....	103
3.9 Вибір допоміжного обладнання.....	103
3.9.1 Підбір допоміжного обладнання машинного відділення.....	104
3.9.2 Вибір живильних насосів.....	107
3.10 Паливне господарство.....	109
3.10.1 Мазутні споруди.....	111
3.10.2 Ємність для зберігання мазуту.....	113
3.10.3 Газове господарство.....	115
3.11 Технічне водопостачання.....	119
3.11.1 Вибір і розрахунок водоочисної споруди.....	122
3.12 Обґрунтування вибору методу і схеми СПМ.....	125
3.12.1 Розрахунок потужності СПМ.....	128
3.12.2 Розрахунок схеми СПМ.....	133
3.12.3 Розрахунок і підбір фільтрів іонообмінної установки СПМ.....	135
3.13 Розрахунок і вибір фільтрів уточнення.....	136
3.14 Розрахунок і підбір освітлювачів.....	138
3.15 Розрахунок і вибір декарбонізатора.....	140
3.16 Хімводоочистка	142

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

3.17	Конденсатні потоки і методи їх очищення.....	144
3.18	Водно-хімічний режим одноразового котла.....	146
3.19	Вибір та опис генерального плану ТЕЦ.....	148
3.20	Вибір і опис планування основної будівлі.....	151
3.21	Охорона навколишнього середовища.....	152
3.21.1	Викиди оксиду сірки.....	152
3.21.2	Викиди оксидів азоту.....	153
3.21.3	Викиди оксиду ванадію.....	154
3.21.4	Викиди чадного газу	154
3.21.5	Виділення канцерогенних речовин.....	155
3.21.6	Розрахунок і вибір димоходу	155

4	АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ.....	157
4.1	Призначення та основні підсистеми АСУ ТП.....	157
4.2	Автоматичне управління барабанним котловим агрегатом.....	160
4.3	Структурна схема автоматичного керування процесом горіння СК..	161
4.4	Регулятор безперервної продувки.....	162
4.5	Регулятор подачі фосфатів	163
4.6	Регулятор потужності	163
4.7	Регулювання температури перегрітої пари.....	164
4.8	Організація управління теплоелектроцентралями на міні-ТЕЦ.....	165
4.9	Функціональна схема управління ГТУ	166
4.10	Автоматичний захист теплових електростанцій.....	166
4.11	Автоматичний захист барабанних котлів.....	167
4.12	Автоматичні огороження турбін.....	167
4.13	Технічний, економічний і соціальний ефект від впровадження систем управління технологічними процесами ТЕС.....	170
4.14	Функції, які виконують автоматизовані системи управління технологічними процесами та ТЕЦ.....	171

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ.....	172
5.1 Вимоги охорони праці та пожежної безпеки до будівель.....	178
5.2 Вимоги безпеки при проектуванні турбін.....	179
5.3 Протипожежні заходи.....	180
6. ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ	183

									Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата					

ВСТУП

Енергетика це однозначно одна з найважливіших складових життєдіяльності країни. Звичайно, що Україна не є виключенням. Стабільна робота енергетичної системи сприяє повноцінному та комфортному існуванню жителів держави. Неможливо уявити собі країну сучасного світу, що живе без збалансованої енергетичної системи.

Теплові електростанції, що використовують паливо, видобуте із Землі, зокрема органічне, були основним джерелом електроенергії протягом більш ніж десятиліть, забезпечуючи позитивне глобальне економічне зростання. Основними джерелами енергії для теплових електростанцій є викопне паливо – вугілля, природний газ і нафта. Ключовим є вугілля, яке забезпечує 40,3% сучасного світового виробництва електроенергії. Природний газ становить 19,7% світового виробництва електроенергії, а нафта – 6,6%.

Найважливішим питанням, яке продовжує турбувати світову спільноту, є вдосконалення електростанцій, їхньої надійності, зменшення викидів шкідливих речовин та підвищення економічності. Представники енергетичної галузі часто розглядають шляхи для зроблення своєї діяльності більш екологічно безпечною. Протягом останніх 10 років передові країни світу досягли значних результатів у цьому напрямку. Це відбулося завдяки тому, що велика частина електроенергії в цих країнах виробляється за допомогою альтернативних джерел енергії. Розвиток відновлюваних джерел може значно прискоритися в 2021 році, коли нова адміністрація розпочне свою діяльність на платформі, що включає повторне приєднання до Паризького кліматичного договору, інвестиції у сумі 2 трильйони доларів у чисту енергію та повну декарбонізацію енергетичного сектору до 2035 року з метою досягнення більш амбіційної цілі нульових викидів CO₂ до 2050 року. Очікується, що нова адміністрація отримає виконавчі повноваження для сприяння розширенню використання відновлюваних джерел енергії. Це може включати повноваження щодо контролю викидів, використання державних

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Енергетичне питання стало особливо важливим і турбуючим для українців через російське вторгнення, яке розпочалося 24 лютого 2022 року. Неабияка кількість населених пунктів була відрізана від електромережі через бойові дії. Узагалі зима 2023 року стала справжнім викликом для українського народу. Величезна кількість енергетичних об'єктів постраждала під обстрілами росіян. В деяких населених пунктах не було світла тижнями. Представникам енергетичного комплексу необхідно було вводити спеціальні графіки відключення світла задля того, щоб мати змогу поладити пошкодження.

Тож зараз йде мова про покращення та удосконалення існуючої енергетичної системи а також розглядання можливого створення нових енергетичних об'єктів.

						Арк
Зм...	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ ТЕЦ

1.1. Розрахунок капітальних вкладень в ТЕЦ.

Інвестиції в турбінні агрегати Т-250-240:

Головний пристрій у блоці з котлом на 1000 т/год – $K_1^{T-250} = 95,6$ млн.\$.

Подальший – $K_{2,3}^{T-250} = 2 \times 59,8 = 119,6$ (млн. \$)

Інвестиції в ПВХ - $K_{ПВХ} = 3 \times 3,5 = 10,5$ (млн. \$)

Знайдемо інвестиції в теплові мережі та лінії електропередач. Приймемо середню довжину теплових мереж $l_{ТС} = 15$ км, а ліній електропередач – $l_{ЛЕП} = 15$ км.

Питомі капітальні вкладення: в теплові мережі – $k_{ТС} = 4 \times 106$ \$/км

в лініях електропередач – $k_{ЛЕП} = 0,5$ \$/км.

Загальний обсяг капітальних інвестицій:

в ТС

$$K_{ТС} = k_{ТС} \times l_{ТС} \quad (1.1)$$

$$K_{ТС} = 4 \times 106 \times 15 = 60 \text{ млн. \$},$$

В лініях електропередач

$$K_{ЛЕП} = k_{ЛЕП} \times l_{ЛЕП} \quad (1.2)$$

$$K_{ЛЕП} = 0,5 \times 106 \times 15 = 7,5 \text{ млн. \$}.$$

У цьому випадку загальні капітальні вкладення в ТЕЦ складають:

$$K_{ТЕЦ} = K_1^{T-250} + K_{2,3}^{T-250} + K_{ПВХ} \quad (1.3)$$

$$K_{ТЕЦ} = 95,6 + 119,6 + 10,5 = 225,7 \times 10^6 \$$$

Питомі капітальні вкладення в ТЕЦ:

$$k_{ТЕЦ} = \frac{K_{ТЕЦ}}{K_{ТЕЦ}} \quad (1.4)$$

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$k_{TEU} = \frac{225,7 \times 106}{750} = 0,3009 \times 10^6 (\$/MB_T)$$

1.2. Визначення річних витрат палива на ТЕЦ

Річне постачання електроенергії когенераційною установкою (споживання теплової енергії):

$$E_T^{T-250} = W_{T\Phi} \times h_{T\Phi} \times Q_{T\Phi} - C \times h \quad (1.5)$$

$$E_T^{T-250} = 0,63 \times 3500 \times 384 - 40,7 \times 5500 = 662870 \text{ (МВт}\cdot\text{год/рік)}$$

$$E_T^S = 3 \cdot 662870 = 1988610 \text{ (МВт} \times \text{год/рік)}$$

Річне споживання тепла на одну турбіну:

$$Q_T^{T-250} = a \times h + r_k \times N \times h - Dr \times E_T + Q_{T\Phi 0}^r \quad (1.6)$$

$$Q_T^{-250} = 39,5 \times 5500 + 1,98 \times 250 \times 5500 - 1,32 \times 662870 + 384 \times 3500 = 3412075,9 \text{ МВт} \cdot \text{год/рік} = 2936382,1 \text{ (Гкал/рік)}$$

$$Q_T^S = 3 \cdot 3412075,9 = 10236227,7 \text{ МВт} \cdot \text{год/рік} = 1880108,6 \text{ (Гкал/рік)}$$

Питома витрата палива на вироблення тепла на Котел:

$$b_{KA} = \frac{0,143}{h_{KA} \times h_{TP}} \quad (1.7)$$

$$b_{KA} = 0,143 / (0,92 \times 0,99) = 0,157 \text{ (т.у.п. / Гкал)}$$

Подача тепла від котлів до турбін з урахуванням втрат в розмірі 2%:

$$Q^{\text{a}} = Q^{\text{a}}_{\text{T}} \times 1,02 \quad (1.8)$$

$$Q^{\text{a}} = 8801108,6 \times 1,02 = 8977130,7 \text{ (Гкал/рік)}$$

Річна витрата палива для енергетичних котлів:

$$B_{KA} = b_{KA} \times Q_{a*} \quad (1.9)$$

$$B_{KA} = 0,157 \times 8977130,7 = 1409409,5 \text{ (т.у.п. / рік)}$$

Питома витрата палива на вироблення тепла на ПВХ:

$$b_{\text{PBK}} = \frac{0,143}{h_{\text{PBK}} \times h_{\text{TP}}} \quad (1.10)$$

$$b_{\text{ПВК}} = \frac{0,143}{0,86 \times 0,99} = 0,168 \text{ (т.у.п. / Гкал)}$$

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Річна витрата палива на ПВХ:

$$B_{\text{ПВХ}} = Q_{\text{ТФ}}^r \times (1 - a_{\text{ТФ}}^r) \times b_{\text{ПВХ}} \quad (1.11)$$

$$B_{\text{ПВХ}} = 3892384,9 \times (1 - 0,89) \times 0,168 = 71931,3 \text{ (т.у.п. /рік)}$$

Загальна витрата палива на ТЕЦ:

$$B_{\text{ТЕЦ}} = B_{\text{КА}} + B_{\text{ПВХ}} \quad (1.12)$$

$$B_{\text{ТЕЦ}} = 1409409,5 + 71931,3 = 1481340,8 \text{ (т.у.п. /рік)}$$

1.2.1 Визначення витрат і поточних витрат на ТЕЦ.

Постійні витрати:

$$I_{\text{пост}} = 1,3 \times \left(1,2 \times K_{\text{ТЕЦ}} \times \frac{P_a}{100} + k_{\text{шт}} \times N_{\text{ТЕЦ}} \times z_{\text{сг}} \right) \quad (1.13)$$

де $P_a = 7,3 \%$ - норма амортизації ,

$z_{\text{сг}} = 2500 \text{ \$ /рік}$ – заробітна плата, середньорічна,

$k_{\text{шт}} = 0,5 \text{ чол/МВт}$ – нормативний коефіцієнт ,

$$I_{\text{пост}} = 1,3 \times (1,2 \times 225,7 \times 106 \times 7,3/100 + 0,5 \times 750 \times 2500) = 26921466 \text{ \$ /рік}$$

Змінні витрати:

$$I_{\text{зм}} = B_{\text{ТЕЦ}} \times C_{\text{т.у.п.}} \quad (1.14)$$

$$I_{\text{зм}} = 1481340,8 \times 65 = 96287152 \text{ \$ /рік},$$

де $C_{\text{т.у.п.}} = 65 \text{ \$ /т.у.п.}$ - ціна тонни еквівалентного палива.

Наведені витрати ТЕЦ:

$$Z_{\text{ТЕЦ}} = E_n \times K_{\text{ТЕЦ}} + I_{\text{пост}} + I_{\text{пер}} + E_n \times (K_{\text{ТС}} + K_{\text{ЛЕП}}) + I_{\text{ТС}} + I_{\text{ЛЕП}} \quad (1.15)$$

$$\text{де } I_{\text{пост}} = 0,075 \times K_{\text{ТС}} = 0,075 \times 60 = 4,5 \times 10^6 \text{ \$ /рік}, \times$$

$I_{\text{ЛЕП}} = 0,034 \times K_{\text{ЛЕП}} = 0,034 \times 7,5 = 0,255 \times 106 \text{ \$ /рік}$ – витрати на експлуатацію теплових мереж та ліній електропередач.

$$Z_{\text{ТЕЦ}} = 0,12 \times 225,7 + 26,921 + 96,287 + 0,12 \times (60 + 7,5) + 4,5 + 0,255 = 163,117 \text{ млн\$ /рік}$$

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

1.3 Розрахунок роздільної схеми виробництва теплової та електричної енергії

1.3.1. Розрахунок капітальних вкладень і річних витрат палива на електростанції.

Вибираємо агрегати К-300-240+1000 т/год у кількості чотирьох штук на газонафтове паливо.

Інвестиції в блоки:

голова – $K_1^{K-300} = 62$ млн.\$,

наступні – $K_2^{K-300} = 33,6$ млн.\$.

Загальна місткість блоків КЕС $N_{\text{КЕС}} = 4 \times 300 = 1200$ МВт.

Для заданої потужності силової установки:

$P_a = 3,1$ % – норма амортизації,

$z_{\text{сг}} = 2000$ \$ /рік – заробітна плата, середньорічна,

$k_{\text{шт}} = 0,37$ (чол/МВт) – нормативний коефіцієнт,

споживання електроенергії на власні потреби $\Delta E_{\text{ВП}} = 3\%$.

Повні капітальні інвестиції в КЕС:

$$K_{\text{КЕС}} = K_1^{K-300} + 3K_2^{K-300} \quad (1.16)$$

$$K_{\text{КЕС}} = (62 + 3 \times 33,6) \times 10^6 = 162,8 \cdot 10^6 \text{ \$}$$

Постійні витрати ІЕС:

$$I^{*\text{КЕС}}_{\text{пост}} = 1,3 \cdot \left(1,2 \cdot K_{\text{КЕС}}^* \cdot \frac{P_a}{100} + k_{\text{шт}} \cdot N_{\text{КЕС}} \cdot z_{\text{сг}} \right) \quad (1.17)$$

$$I^{*\text{КЕС}}_{\text{пост}} = 1,3(1,2 \times 162,8 \times \frac{3,1}{100} + 0,37 \times 1200 \times 2 \times 10^3) = 9,027$$

(млн\$/рік)

Кількість годин використання електроенергії $h_{\text{КЕС}} = 5500$ (год/рік).

Кількість виробленої електроенергії за рік:

$$E_K = N_{\text{КЕС}} \times h_{\text{КЕС}} \quad (1.18)$$

$$E_K = 1200 \times 5500 = 6600000 \text{ (МВт} \times \text{год/рік)}$$

						Арк
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Електропостачання від електростанції:

$$E_{\text{кес}} = E_K \times (1 - \Delta E_{\text{вп}}/100) \quad (1.19)$$

$$E_K = 6600000 \times (1 - 3/100) = 6,402 \times 10^6 \text{ (МВт} \times \text{год/рік)}$$

Річне споживання тепла на одиницю продукції:

$$Q_T = a \times h + r \times E_{\text{ек}} + r' \times (E - E_{\text{ек}}), \quad (1.20)$$

$$\text{де } E - E_{\text{ек}} = \beta \times E_K \times (N_{\text{ном}} - N_{\text{ек}}) / N_{\text{ном}},$$

Де $\beta = 0,95$ (приймаємо) - коефіцієнт, що враховує ступінь завантаження турбіни;

$N_{\text{ек}} = 280 = 280 \text{ МВт}$ – економічна потужність турбіни;

$N_{\text{ном}} = 300 \text{ МВт}$ - номінальна потужність турбіни;

$r = 2,17$ - відносне збільшення при $N_{\text{ек}}$;

$r' = 2,21$ - відносне збільшення при $N > N_{\text{ек}}$;

$a = 47,3$ - витрата тепла на холостому ходу.

$$E - E_{\text{ек}} = 0,95 \times 6600000 (300 - 280) / (4 \times 300) = 104500 \text{ (МВт} \times \text{год/рік)}$$

$$E_{\text{ек}} = N_{\text{ЕК}} \times h_{\text{КЕС}} \quad (1.21)$$

$$E_{\text{ек}} = 280 \times 5500 = 1540000 \text{ МВт} \cdot \text{год/рік}$$

$$\begin{aligned} Q_T &= 47,3 \times 5500 + 2,17 \times 1,54 \cdot 10^6 + 2,21 \cdot 104500 = 3832895 \text{ (МВт} \times \text{год/рік)} = \\ &= 3296289,7 \text{ (Гкал/рік)} \end{aligned}$$

Ми приймаємо кількість пайових пусків на рік $n = 1$. Стартова витрата палива $a_{\text{п}} = 10,2 \text{ т.у.п. /год}$. Час запуску $T_{\text{п}} = 8 \text{ (год)}$ Отже, витрата палива на запуск:

$$B_{\text{п}} = a_{\text{п}} \times T_{\text{п}} \quad (1.22)$$

$$B_{\text{п}} = 10,2 \times 8 = 81,6 \text{ (т.у.п. /пуск)}$$

Річна витрата палива на блок:

$$B_{\text{бл}} = Q_T \times b_{\text{КА}} + B_{\text{п}} \times n \quad (1.23)$$

$$B_{\text{бл}} = 3296289,7 \times 0,157 + 81,6 \times 1 = 517599,1 \text{ (т.у.п. /рік)}$$

Річна витрата палива на електростанції:

$$B_{\text{КЕС}} = 4 B_{\text{бл}} \quad (1.24)$$

$$4 \times 517599,1 = 2070396,4 \text{ (т.у.п. /рік)}$$

Питома витрата палива на електрику:

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$b_{ee}=B_{KEC}/E_{KEC} \quad (1.25)$$

$$b_{ee}=2070396,4/6402000=0,3234(\text{т.у.п.}/(\text{МВт}\cdot\text{год})=0,3234(\text{т.у.п.}/\text{кВт}\cdot\text{год})$$

Змінні річні витрати КЕС:

$$I^{*KEC}_{пер}=B_{KEC}\times\Pi_{т.у.п} \quad (1.26)$$

$$I^{*KEC}_{пер}=2070396,4\times 65=134,576\times 10^6 (\$/\text{рік})$$

Частка капітальних інвестицій в КЕП, врахована при порівнянні:

$$K_{KEC}=K^*_{KEC}\times\beta\times N_{ТЕЦ}/N_{KEC} \quad (1.27)$$

$$K_{KEC}=162,8\times 1,1\times 750/1200=111,92 (\text{млн.}\$)$$

де $\beta = 1,05$ - коефіцієнт, що враховує різницю в схемах електропостачання.

Частка умовно-постійних витрат КЕП, врахована при порівнянні:

$$I^{KEC}_{пост}=I^{*KEC}_{пост}\times\alpha\times N_{ТЕЦ}/N_{KEC} \quad (1.28)$$

$$I^{KEC}_{пост}=9,027\times 1,04\times 750/1200=4,34 (\text{млн.}\$/\text{рік})$$

де $\alpha = 1,04$ - коефіцієнт, що враховує різницю споживання електроенергії на власні потреби, схеми електропостачання, втрати в мережах.

Питома вага умовно-змінних витрат КЕП, врахована при порівнянні:

$$I^{KEC}_{пер}=I^{*KEC}_{пер}\times\alpha\times N_{ТЕЦ}/N_{KEC} \quad (1.29)$$

$$I^{KEC}_{пер}=134,576\times 1,04\times 750/1200=87,5 (\text{млн.}\$/\text{рік})$$

1.3.2 Котельня.

Вибираємо водогрійні котли ПТВМ-180 для теплопостачання гарячою водою. Кількість водогрійних котлів визначається як $n=Q_{ТФ}/Q^H_{ВК}$

$$n=Q_{ТФ}/Q^H_{ВК} \quad (1.30)$$

$$746,7/180=4,148$$

візьмемо $n=5$.

Інвестиції в водогрійні котли:

$$K_1^{BK}=3381\times 10^3 \$ - \text{головний},$$

$$K_2^{BK}=919\times 10^3 \$ - \text{наступні}.$$

Загальні капітальні інвестиції в котельню:

						Арк
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$K_{\text{кот}} = K_1^{\text{БК}} + 4 \times K_2^{\text{БК}} \quad (1.31)$$

$$K_{\text{кот}} = 3381 + 4 \times 919 = 7035 \text{ тис. \$} = 7,035 \text{ (млн. \$)}$$

Максимальна потужність нагріву води котельні

$$Q_{\text{кот}}^{\text{В}} = Q_{\text{БК}}^{\text{Н}} \times n \quad (1.32)$$

$$Q_{\text{кот}}^{\text{В}} = 180 \times 5 = 900 \text{ (Гкал/год)},$$

Приймаємо згідно з рекомендаціями, з урахуванням $Q_{\text{кот}}^{\Sigma}$, норма амортизації $P_a = 3\%$, середньорічна заробітна плата $3\% = 1500 \text{ (\$/рік)}$, нормативний коефіцієнт $k_{\text{шт}} = 0,25 \text{ (чол/Гкал)}$.

Постійні витрати:

$$I_{\text{пост}}^{\text{кот}} = 1,3 \times (1,1 \times K_{\text{кот}} \times P_a / 100 + k_{\text{шт}} \times Q_{\text{кот}} \times z_{\text{ст}}) \quad (1.33)$$

$$I_{\text{пост}}^{\text{кот}} = 1,3(1,1 \times 7,035 \times 10^6 \times 3/100 + 0,25 \times 900 \times 1500) = 0,741 \times 10^6 \text{ (\$/рік)}$$

Річна витрата палива на котельню:

$$B_{\text{кот}} = 0,98 Q_{\text{ТФ}}^{\text{Г}} / (\eta_{\text{БК}} \times K_{\text{пер}}) \quad (1.34)$$

$$B_{\text{кот}} = 0,98 \times 2002500 / (0,87 \times 7) = 322241,4 \text{ (т.у.п. /рік)}$$

Умовно змінні витрати на котельню:

$$I_{\text{пер}}^{\text{кот}} = B_{\text{кот}} \times \Pi_{\text{т.у.п.}} \quad (1.35)$$

$$I_{\text{пер}}^{\text{кот}} = 322241,4 \times 65 = 20,946 \times 10^6 \text{ (\$/рік)}$$

1.4 Визначення сумарних значень спліт-схеми.

Інвестиції в спліт-схему:

$$K_p = K_{\text{КЕС}} + K_{\text{кот}} + K_{\text{ТС}}^{\text{Р}} + K_{\text{ЛЕП}}^{\text{Р}} \quad (1.36)$$

$$K_p = 111,92 + 7,035 + 54 + 7,5 = 180,46 \text{ (млн. \$)}$$

$$K_{\text{ТС}}^{\text{Р}} = 0,9 \times K_{\text{ТС}} \quad (1.37)$$

$K_{\text{ТС}}^{\text{Р}} = 0,9 \times 60 = 54 \text{ (млн. \$)}$ – капітальні вкладення в теплові мережі за окремою схемою,

$$K_{\text{ЛЕП}}^{\text{Р}} \cong K_{\text{ЛЕП}} = 7,5 \text{ (млн. \$)}$$

Відповідно, витрати на теплові мережі за окремою схемою:

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$I^{P_{TC}}=0,075\times K^{P_{TC}} \quad (1.38)$$

$$I^{P_{TC}}=0,075\times 54= 4,05 \text{ (млн \$ /рік)}$$

Витрати на спліт-схему такі:

$$З_p=E_n\times K_p+I^{KEC}_{пост}+I^{кот}_{пост}+ I^{KEC}_{пер}+I^{кот}_{пер}+I^{P_{TC}}+I_{ЛЕП} \quad (1.39)$$

$$З_p=0,12\times 180,46+4,34+0,741+87,5+20,946+4,05+0,255 = 139,49 \text{ (млн \$ /рік)}$$

1.4.1. Комбінована схема.

Річне споживання теплової енергії для виробництва електроенергії:

$$Q^r_e=Q^{\Sigma}_T -\Sigma Q_{ТФО}\times h_{ТФО} \quad (1.40)$$

$$Q^r_e=8801108,6-989,78\times 3500 = 5336878,6 \text{ (Гкал/рік)}$$

Річна витрата палива на вироблення електроенергії:

$$B_{ee}= Q^r_e/(\eta_{КА}\times K_{п}) \quad (1.41)$$

$$B_{ee}=5336878,6/(0,92\times 7)= 828707,9 \text{ (т.у.п. /рік)}$$

Питомі витрати тепла на виробництво електроенергії:

$$q^6_E=Q^r_E/E_{ТЕЦ} \quad (1.42)$$

$$q^6_E=5336878,6/3877500 = 1,376 \text{ (Гкал/МВт}\times\text{год)},$$

де

$$E_{ТЕЦ}=N_{ТЕЦ}\times h_{ТЕЦ}(1-\Delta E_{CH}/100) \quad (1.43)$$

$$E_{ТЕЦ}=750\times 5500(1-6/100)=3877500 \text{ (МВт}\times\text{год/рік)},$$

де $\Delta E_{CH}=6 \%$ – споживання електроенергії для власних потреб ТЕЦ.

Питома витрата палива на вироблення електроенергії:

$$b_{ee}=B_{ee}/E_{ТЕЦ} \quad (1.44)$$

$$b_{ee}=828707,9/3877500 = 0,214 \text{ (т.у.п. /МВт)}$$

Річна витрата палива на виробництво теплової енергії:

$$B_{Te}=B_{ТЕЦ}-B_{ee} \quad (1.45)$$

$$B_{Te}=1481340,8-828707,9 = 652632,9 \text{ (т.у.п. /рік)}$$

Сумарна теплова потужність ТЕЦ:

$$Q_{ТЕЦ}= 4263658 \text{ (Гкал/рік)}$$

						Арк
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Питома витрата палива на вироблення тепла:

$$b_{\text{те}} = B_{\text{те}} / Q_{\text{ТЕЦ}} \quad (1.46)$$

$$b_{\text{те}} = 652632,9 / 4263658 = 0,153 \text{ (т.у.п. / Гкал)}$$

Ефективність ТЕЦ з точки зору генерації електроенергії:

$$\eta_{\text{еє}} = 0,123 / b_{\text{еє}} \quad (1.47)$$

$$\eta_{\text{еє}} = 0,123 / 0,214 = 0,575$$

Ефективність ТЕЦ з точки зору генерації теплової енергії:

$$\eta_{\text{еє}} = 0,143 / b_{\text{те}} \quad (1.48)$$

$$0,143 / 0,153 = 0,934$$

Частка постійних витрат, що припадає на електроенергію:

$$I_{\text{пост}}^{\text{еє}} = I_{\text{пост}}^{\text{ТЕЦ}} \times B_{\text{ээ}} / B_{\text{ТЭЦ}} \quad (1.49)$$

$$I_{\text{пост}}^{\text{еє}} = 26,921 \times 828707,9 / 1481340,8 = 15,06 \text{ (млн. $/рік)}$$

ТЕПЛО:

$$I_{\text{пост}}^{\text{те}} = I_{\text{пост}}^{\text{ТЕЦ}} \times B_{\text{тэ}} / B_{\text{ТЕЦ}} \quad (1.50)$$

$$I_{\text{пост}}^{\text{те}} = 26,921 \times 652632,9 / 1481340,8 = 11,86 \text{ (млн. $/рік)}$$

Вартість електроенергії:

$$C_{\text{еє}} = (I_{\text{пост}}^{\text{еє}} + B_{\text{еє}} \times \Pi_{\text{т.у.п.}}) / I_{\text{ТЕЦ}} \quad (1.51)$$

$$C_{\text{еє}} = (15060000 + 828707,9 \times 65) / 3877500 = 17,78 \$ / (\text{МВт} \times \text{год}) = 0,01778 \$ / (\text{кВт} \times \text{год})$$

Вартість теплової енергії:

$$C_{\text{те}} = (I_{\text{пост}}^{\text{те}} + B_{\text{те}} \times \Pi_{\text{т.у.п.}}) / Q_{\text{ТЕЦ}} \quad (1.52)$$

$$C_{\text{те}} = (11860000 + 652632,9 \times 65) / 4263658 = 12,73 \$ / \text{Гкал}$$

Паливна складова вартості електроенергії:

$$C_{\text{еє}}^{\text{т}} = b_{\text{еє}} \times \Pi_{\text{т.у.п.}} \quad (1.53)$$

$$C_{\text{еє}}^{\text{т}} = 0,214 \times 65 = 13,91 \$ / \text{МВт}$$

Паливна складова вартості теплової енергії:

$$C_{\text{те}}^{\text{т}} = b_{\text{те}} \times \Pi_{\text{т.у.п.}} \quad (1.54)$$

$$C_{\text{те}}^{\text{т}} = 0,153 \times 65 = 9,945 \$ / \text{МВт}$$

						Арк
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Питомі витрати в комбінованій схемі на вироблення електроенергії:

$$z_{ee} = (Z_{TEЦ} / E_{TEЦ}) \times (B_{ee} / B_{TEЦ}) \quad (1.55)$$

$$z_{ee} = (163117000 / 3877500) \times (828707,9 / 1481340,8) = 23,53 \text{ \$/ (МВт} \times \text{год)}$$

Питомі теперішні витрати при комбінованій схемі виробництва теплової енергії:

$$z_{те} = (Z_{TEЦ} / Q_{TEЦ}) \times (B_{те} / B_{TEЦ}) \quad (1.56)$$

$$z_{те} = (163117000 / 4263658) \times (652632,9 / 1481340,8) = 16,86 \text{ (\$/Гкал)}$$

Рентабельність інвестицій:

$$K_{\phi o} = (I_{нее} \times E_{тец} + I_{нте} \times Q_{тец}) / K_{тец} \quad (1.57)$$

$$K_{\phi o} = (30 \times 3877500 + 15 \times 4263658) / 225700000 = 0,799$$

Індекс співвідношення капіталу до праці:

$$K_{фв} = K_{тец} / (N_{тец} \times k_{шт}) \quad (1.58)$$

$$K_{фв} = 225700000 / (750 \times 0,5) = 601867 \text{ (\$/особа)}$$

1.4.2 Спліт схема.

КЕС

Сумарне споживання теплової енергії для вироблення електроенергії:

$$Q_e = 4Q_T (1 + \Delta P / 100) \quad (1.59)$$

$$Q_e = 4 \times 3296289,7 (1 + 1 / 100) = 13317010,388 \text{ (Гкал/рік)}$$

Де $\Delta P = 1\%$ - це показник, який враховує відхилення параметрів від номінальних.

Питома витрата тепла для турбінних агрегатів:

$$q_T = Q_e / E_K \quad (1.60)$$

$$q_T = 13317010,388 / 6600000 = 2,0177 \text{ Гкал / (МВт} \times \text{год)} = 8,448 \text{ Гкал / (МВт} \times \text{год)}$$

ККД турбінного агрегату:

$$\eta_T = 3,6 / q_T \quad (1.61)$$

$$\eta_T = 3,6 / 8,448 = 0,4261$$

Ефективність КЕС з електропостачання:

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$\eta_{ee}=0,123/b_{ee} \quad (1.62)$$

$$\eta_{ee}=0,123/0,3234= 0,3803$$

Паливна складова вартості електроенергії:

$$C_{ee}^T=b_{ee}\times\Pi_{т.у.п.} \quad (1.63)$$

$$C_{ee}^T=0,3234.65= 21,021 \text{ \$/ (МВт}\times\text{год)}$$

Вартість електроенергії на автобусах КЕС:

$$C_{ee}=C_{ee}^T+I^{*KEC}_{пост}/E_{KEC} \quad (1.64)$$

$$C_{ee}=21,021+9,027.106/6402000=22,431 \text{ (МВт}\times\text{год)}$$

Питомі поточні витрати на КЕС для виробництва електроенергії:

$$З_{ee}=(E_n\times K^{*KEC}_{пост}+I^{*KEC}_{пост}+I^{*KEC}_{пер})/E_{KEC} \quad (1.65)$$

$$З_{ee}= (0,12\times162,8+9,027+134,576)/6,402=25,49 \text{ \$/ (МВт}\times\text{год)}$$

Рентабельність інвестицій:

$$K_{фо}=\Pi_{неe}\times E_{KEC}/K^{*KEC} \quad (1.66)$$

$$K_{фо}=30\times6,402/162,8= 1,18$$

Індекс Співвідношення капіталу до праці:

$$K_{фв}=K^{*KEC}/(N_{KEC}\times k_{шт}) \quad (1.67)$$

$$162800000/(1200\times0,37)= 366666,7 \text{ \$/особа}$$

Котельня

Питомі капітальні вкладення в котельню:

$$k=K_{кот}/Q_{кот} \quad (1.68)$$

$$k=7035000/900= 7816,7 \text{ \$(Гкал/год)}$$

Питома витрата палива на виробництво тепла:

$$b_{те} = B_{кот}/Q_{ТФ}^Г \quad (1.69)$$

$$b_{те} = \frac{322241,4}{2002500} = 0,161 \text{ (т. у. п./Гкал)}$$

ККД котельні з точки зору теплопостачання:

$$\eta_{те}=0,143/b_{те} \quad (1.70)$$

$$\eta_{те}=0,143/0,161= 0.889$$

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Паливна складова вартості теплової енергії:

$$C_{\text{те}}^{\text{т}} = b_{\text{те}} \times \Pi_{\text{т.у.п}} \quad (1.71)$$

$$C_{\text{те}}^{\text{т}} = 0,161 \times 65 = 10, (\$/\text{Гкал})$$

Вартість тепла, що постачається котельнею:

$$C_{\text{те}} = C_{\text{те}}^{\text{т}} + I_{\text{пост}}^{\text{кот}} / Q_{\text{тф}}^{\text{г}} \quad (1.72)$$

$$C_{\text{те}} = 10,5 + 741000 / 2002500 = 10,87 \$/\text{Гкал}$$

Питомі теперішні витрати в котельні на виробництво тепла:

$$З_{\text{те}} = (E_{\text{н}} \times K_{\text{кот}} + I_{\text{пост}}^{\text{кот}} + B_{\text{кот}} \times \Pi_{\text{т.у.п}}) Q_{\text{тф}}^{\text{г}} \quad (1.73)$$

$$З_{\text{те}} = (0,12 \times 7035000 + 741000 + 322241,4 \times 65) / 2002500 = 11,25 \$/\text{Гкал}$$

Капітальний ККД котельні:

$$K_{\text{фо}} = \Pi_{\text{те}}^{\text{н}} \times Q_{\text{кот}}^{\text{г}} / K_{\text{кот}} \quad (1.74)$$

$$K_{\text{фо}} = 15 \times 2002500 / 7035000 = 4,26$$

Співвідношення капіталу до праці котельні:

$$K_{\text{фв}} = K_{\text{кот}} / (Q_{\text{кот}} \times k_{\text{шт}}) \quad (1.75)$$

$$K_{\text{фв}} = 7035000 / (900 \times 0,25) = 31266,7 \$/\text{особа}$$

1.5 Техніко-економічні показники

Комбінована схема

Річне споживання теплової енергії для виробництва електроенергії:

$$Q_{\text{Е}} = \Sigma Q_{\text{м}} - (Q_{\text{тфо}} \times h_{\text{тфо}}) \quad (1.76)$$

$$Q_{\text{Е}} = 8801108.6 - 990 \times 3500 = 5.34 \times 10^6 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}} = 6.23 \frac{\text{МВт} \times \text{год}}{\text{рік}};$$

Річна витрата палива на вироблення електроенергії:

$$B_{\text{е}} = \frac{Q_{\text{е}}}{\eta_{\text{КА}} \times K_{\text{п}}} \quad (1.77)$$

$$B_{\text{е}} = \frac{5.34 \times 10^6}{0.92 \times 7} = 0.83 \times 10^6 \frac{\text{т. у. п.}}{\text{рік}}$$

Питомі витрати тепла на виробництво електроенергії:

$$q_{\text{е}} = \frac{Q_{\text{е}}}{E_{\text{ТЕЦ}}} \quad (1.78)$$

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$q_e = \frac{5.34 \times 10^6}{3.88 \times 10^6} = 1.376 \frac{\text{Гкал}}{\text{МВт} \times \text{год}};$$

Питома витрата палива на вироблення електроенергії:

$$b_{ee} = \frac{B_{ee}}{E_{\text{ТЕЦ}}} \quad (1.79)$$

$$b_{ee} = \frac{0.83 \times 10^6}{3.88 \times 10^6} = 0.214 \frac{\text{т. у. п.}}{\text{МВт} \times \text{год}};$$

Річна витрата палива на виробництво теплової енергії:

$$B_{\text{те}} = B_{\text{ТЕЦ}} - B_{ee} \quad (1.80)$$

$$B_{\text{те}} = (1.48 - 0.83) \times 10^6 = 0.65 \times 10^6 = 0.65 \times 10^6 \frac{\text{т. у. п.}}{\text{рік}};$$

Сумарна теплова потужність ТЕЦ за рік:

$$Q_{\text{ТЕЦ}} = 4.26 \times 10^6 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}};$$

Питома витрата палива на виробництво тепла:

$$b_{\text{те}} = \frac{B_{\text{те}}}{Q_{\text{ТЕЦ}}} \quad (1.81)$$

$$b_{\text{те}} = \frac{0.65 \times 10^6}{4.26 \times 10^6} = 0.152 \frac{\text{т. у. п.}}{\text{Гкал}};$$

Ефективність ТЕЦ з точки зору генерації електроенергії:

$$\eta_{ee} = \frac{0.123}{0.214} = 0.575;$$

Ефективність ТЕЦ з точки зору генерації теплової енергії:

$$\eta_{\text{те}} = \frac{0.143}{0.152} = 0.94;$$

Частка постійних витрат, що припадає на електроенергію:

$$I_{\text{пост}}^{ee} = I_{\text{пост}}^{\text{ТЕЦ}} \times \frac{B_{ee}}{B} \quad (1.82)$$

$$I_{\text{пост}}^{ee} = 26 \times 10^6 \times \frac{0.83 \times 10^6}{1.48 \times 10^6} = 18.12 \times 10^6 \frac{\$}{\text{рік}};$$

Частка постійних витрат, що припадають на теплову енергію:

$$I_{\text{пост}}^{\text{те}} = I_{\text{пост}}^{\text{ТЕЦ}} \cdot \frac{B_{\text{те}}}{B_{\text{ТЕЦ}}} = 26 \cdot 10^6 \cdot \frac{0.65 \cdot 10^6}{1.48 \cdot 10^6} = 11.42 \cdot 10^6 \frac{\$}{\text{год}}; \quad (1.83)$$

						Арк
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Вартість електроенергії:

$$C_{\text{э}} = \frac{I_{\text{пост}}^{\text{э}} + B_{\text{э}} \cdot C_{\text{му.м.}}}{\mathcal{E}_{\text{ТЭЦ}}} = \frac{18.12 \cdot 10^6 + 0.83 \cdot 10^6 \cdot 65}{3.88 \cdot 10^6} = 18.57 \frac{\$}{\text{МВт} \cdot \text{ч}}; \quad (1.84)$$

Вартість теплової енергії:

$$C_{\text{тэ}} = \frac{I_{\text{пост}}^{\text{тэ}} + B_{\text{тэ}} \cdot C_{\text{му.м.}}}{Q_{\text{ТЭЦ}}} = \frac{11.42 \cdot 10^6 + 0.65 \cdot 10^6 \cdot 65}{4.26 \cdot 10^6} = 12.6 \frac{\$}{\text{Гкал}}; \quad (1.85)$$

Паливна складова вартості електроенергії:

$$C_{\text{э}}^T = b_{\text{э}} \cdot C_{\text{му.м.}} = 0.214 \cdot 65 = 13.91 \frac{\$}{\text{МВт} \cdot \text{ч}}; \quad (1.86)$$

Паливна складова вартості теплової енергії:

$$C_{\text{тэ}}^T = b_{\text{тэ}} \cdot C_{\text{му.м.}} = 0.152 \cdot 65 = 9.88 \frac{\$}{\text{МВт} \cdot \text{ч}}; \quad (1.87)$$

Питомі витрати в комбінованій схемі на вироблення електроенергії:

$$z_{\text{э}} = \frac{z_{\text{ТЭЦ}} \cdot B_{\text{э}}}{\mathcal{E}_{\text{ТЭЦ}} \cdot B_{\text{ТЭЦ}}} = \frac{149 \cdot 10^6 \cdot 0.83 \cdot 10^6}{3.88 \cdot 10^6 \cdot 1.48 \cdot 10^6} = 21.54 \frac{\$}{\text{МВт} \cdot \text{ч}}; \quad (1.88)$$

Питомі теперішні витрати при комбінованій схемі виробництва теплової енергії:

$$z_{\text{тэ}} = \frac{z_{\text{ТЭЦ}} \cdot B_{\text{тэ}}}{Q_{\text{ТЭЦ}} \cdot B_{\text{ТЭЦ}}} = \frac{149 \cdot 10^6 \cdot 0.65 \cdot 10^6}{4.26 \cdot 10^6 \cdot 1.48 \cdot 10^6} = 15.36 \frac{\$}{\text{Гкал}}; \quad (1.89)$$

Рентабельність інвестицій:

$$K_{\text{фo}} = \frac{C_{\text{э}}^{\text{н}} \cdot \mathcal{E}_{\text{ТЭЦ}} + C_{\text{тэ}}^{\text{н}} \cdot Q_{\text{ТЭЦ}}}{K_{\text{ТЭЦ}}} = \frac{30 \cdot 3.88 \cdot 10^6 + 15 \cdot 4.26 \cdot 10^6}{226.5 \cdot 10^6} = 0.78; \quad (1.90)$$

Співвідношення капіталу до праці:

$$K_{\text{фe}} = \frac{K_{\text{ТЭЦ}}}{N_{\text{ТЭЦ}} \cdot \kappa_{\text{ит}}} = \frac{226.5 \cdot 10^6}{750 \cdot 0.5} = 604000 \frac{\$}{\text{чел}}. \quad (1.91)$$

1.5.1 КЕС

Сумарне споживання теплової енергії для вироблення електроенергії:

$$Q_{\text{с}} = \sum Q_{\text{г}} \left(1 + \frac{\Delta \Pi}{100} \right) = 4 \cdot 3.3 \cdot 10^6 \cdot \left(1 + \frac{1}{100} \right) = 13.33 \cdot 10^6 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}; \quad (1.92)$$

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Де $\Delta П=1\%$ -- показник, що враховує відхилення параметрів від номінальних.

Питома витрата тепла для турбінних агрегатів:

$$q_m = \frac{Q_3}{\mathcal{Q}_k} = \frac{13.33 \cdot 10^6}{6.4 \cdot 10^6} = 2.08 \frac{\Gamma_{\text{кал}}}{\text{МВт} \cdot \text{ч}} \cdot 4 = 8.32 \frac{\Gamma_{\text{кал}}}{\text{МВт} \cdot \text{ч}}; \quad (1.93)$$

ККД турбінного агрегату:

$$\eta_T = \frac{3.6}{8.32} = 0.43;$$

Ефективність ІЕС з електропостачання:

$$\eta_{33} = \frac{0.123}{b_{33}} = \frac{0.123}{0.323} = 0.38; \quad (1.94)$$

Паливна складова вартості електроенергії:

$$C_{33}^T = b_{33} \cdot \Pi_{\text{пал.т.}} = 0.323 \cdot 65 = 21.02 \frac{\$}{\text{МВт} \cdot \text{ч}}; \quad (1.95)$$

Вартість електроенергії на шинах КЕС:

$$C_{33} = C_{33}^T + \frac{I_{\text{пост}}^{\text{КЭС}}}{\mathcal{Q}_{\text{КЭС}}} = 21.02 + \frac{9 \cdot 10^6}{6.4 \cdot 10^6} = 22.43 \frac{\$}{\text{МВт} \cdot \text{ч}}; \quad (1.96)$$

Питомі поточні витрати на виробництво електроенергії для виробництва електроенергії:

$$z_{33} = \frac{E_n \cdot K_{\text{КЭС}} + I_{\text{пост}}^{\text{КЭС}} + I_{\text{пер}}^{\text{КЭС}}}{\mathcal{Q}_{\text{КЭС}}} = \frac{0.12 \cdot 162.8 \cdot 10^6 + (9 + 135.2) \cdot 10^6}{6.4 \cdot 10^6} = 25.58 \frac{\$}{\text{МВт} \cdot \text{ч}}; \quad (1.97)$$

Рентабельність інвестицій:

$$K_{\phi o} = \Pi_{33}^n \cdot \frac{\mathcal{Q}_{\text{КЭС}}}{K_{\text{КЭС}}} = 30 \cdot \frac{6.4 \cdot 10^6}{162.8 \cdot 10^6} = 1.18; \quad (1.98)$$

Співвідношення капіталу до праці:

$$K_{\phi e} = \frac{K_{\text{КЭС}}}{N_{\text{КЭС}} \cdot \kappa_{\text{ном}}} = \frac{162800000}{1200 \cdot 0.37} = 366666 \frac{\$}{\text{чел}}. \quad (1.99)$$

1.5.2 Котельня

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Питомі капітальні вкладення в котельню

$$\kappa = \frac{K_{\text{кот}}}{Q_{\text{кот}}} = \frac{7 \cdot 10^6}{900} = 7777 \frac{\$ \cdot \text{ч}}{\text{Гкал}}; \quad (1.100)$$

Питома витрата палива на виробництво тепла:

$$b_{\text{мэ}} = \frac{B_{\text{кот}}}{Q_{\text{мф}}} = \frac{0.406 \cdot 10^6}{746.7 \cdot 3500} = 0.155 \frac{\text{ту.т.}}{\text{Гкал}}; \quad (1.101)$$

ККД котельні з точки зору теплопостачання:

$$\eta_{\text{мэ}} = \frac{0.143}{b_{\text{мэ}}} = \frac{0.143}{0.155} = 0.92; \quad (1.102)$$

Паливна складова вартості теплової енергії:

$$C_{\text{мэ}}^T = b_{\text{мэ}} \cdot C_{\text{ту.т.}} = 0.155 \cdot 65 = 10.1 \frac{\$}{\text{Гкал}}; \quad (1.103)$$

Вартість тепла, що постачається котельнею:

$$C_{\text{мэ}} = C_{\text{мэ}}^T + \frac{I_{\text{пост}}^{\text{кот}}}{Q_{\text{мф}}} = 10.1 + \frac{0.74 \cdot 10^6}{746.7 \cdot 3500} = 10.38 \frac{\$}{\text{Гкал}}; \quad (1.104)$$

Питомі теперішні витрати в котельні на виробництво тепла:

$$z_{\text{мэ}} = \frac{E_n \cdot K_{\text{кот}} + I_{\text{пост}}^{\text{кот}} + B_{\text{кот}} \cdot C_{\text{ту.т.}}}{Q_{\text{мф}}} = \frac{0.12 \cdot 7 \cdot 10^6 + 0.74 \cdot 10^6 + 0.406 \cdot 10^6 \cdot 65}{746.7 \cdot 3500} = 10.7 \frac{\$}{\text{Гкал}}; \quad (1.105)$$

Рентабельність інвестицій:

$$K_{\text{фо}} = \frac{C_{\text{мэ}}^n \cdot Q_{\text{кот}}}{K_{\text{кот}}} = \frac{15 \cdot 2.61 \cdot 10^6}{7 \cdot 10^6} = 5.6; \quad (1.106)$$

Співвідношення капіталу до праці:

$$K_{\text{фв}} = \frac{K_{\text{кот}}}{Q_{\text{кот}} \cdot \kappa_{\text{шт}}} = \frac{7 \cdot 10^6}{900 \cdot 0.25} = 31111 \frac{\$}{\text{чел}}. \quad (1.107)$$

Таблица № 1.1

Но сто р.	Найменування	Познач ення	Розмірні сть	ТЕЦ – 750 МВт			КЕС – 1200 МВт		
				Зазви чай. Пок- л	Елек трика	Теп- лота	Зазви чай. Пок- л	Елек трика	Теп- лота
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Встановлена потужність	N, Q	МВт Гкал/год		750	1523		1200	900

									Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата					

2	Кількість годин використання	$\eta_{\text{еф}}$	год/рік		5500	3500		5500	3500
3	Річний запас енергії	$E, Q_{\text{рік}}$	$\text{МВт} \cdot \text{год} / \text{рік} \times 10^6$ $\text{Гкал} / \text{рік}$		3.88	4.26		6.4	2.52
4	Питома витрата тепла	q	$\text{Гкал} / \text{МВт} \cdot \text{год}$		1.376			2.08	
5	Питома витрата палива на виробництво енергії	$b_{\text{еє}}, b_{\text{те}}$	$\text{т.у.п.} / \text{МВт} \cdot \text{год}$ $\text{т.у.п.} / \text{Гкал}$		0.214	0.152		0.325	0.155
6	ЕФЕКТИВНІСТЬ	$\eta_{\text{еє}}, \eta_{\text{те}}$	- -		0.575	0.94		0.38	0.92
7	Повні капітальні інвестиції	K	мільйон\$	226.5			265.8		
8	Напівпостійні витрати	$I_{\text{пос}}$	мільйон\$ /рік	26			9.74	9	0.74
9	Річна витрата палива	B	$\text{Д} / \text{Д} \times 10^6$	1.48			2.486	2.08	0.406
10	Змінні витрати	$I_{\text{пер}}$	мільйон\$ /рік	96.2			161.59	135.2	26.39
11	Поточні витрати	$З_{\text{пр}}$	мільйон\$ /рік	149			208.13		
12	Поточні витрати на одиницю продукції	$З_{\text{еє}}, З_{\text{те}}$	$\text{\$/МВт} \cdot \text{год}$ $\text{\$/Гкал}$		21.54	15.36		25.58	10.7
13	Ціна за тону паливного еквівалента	$Ц_{\text{т.у.п.}}$	$\text{\$/т.у.п.}$	65			65		
14	Паливна складова собівартості продукції	$C_{\text{еє}}, C_{\text{те}}$	$\text{\$/МВт} \cdot \text{год}$ $\text{\$/Гкал}$		13.91	9.88		21.02	10.1
15	Вартість енергоносіїв	$C_{\text{еє}}, C_{\text{те}}$	$\text{\$/МВт} \cdot \text{год}$ $\text{\$/Гкал}$		18.57	12.6		22.43	10.38
16	Співвідношення персоналу	$k_{\text{шт}}$	$\text{чол.} / \text{МВт}$	0.5				0.37	0.25
17	Норма амортизації	P_a	%	7.3				3.1	3
18	Капітальні витрати одиниці продукції	$k_{\text{уд}}$	$\text{\$/МВт} \times 10^6$	0.302			0.222		

19	Рентабельність капіталу	Кфо		0.78			6.78	1.18	5.6
20	Показник співвідношення капіталу до капіталу	Кфв	тис.\$/осо ба	604			397.1	366	31.1

1.6 Обґрунтування будівництва ТЕЦ та підбір основного обладнання

Таблиця 1.2 показники ТЕЦ

Тип Турбіни	Значення снастей		Максимальна витрата пари на одну турбіну, т/год	Питома генерація електроенергії грн. Від споживання теплової енергії, кВт*год/Гкал		Питома витрата тепла, ккал/кВт*год	
	Виробництво $Q_{ТХО}^{НЧ} / Q_{ТХО}^{max Ч}$	Опалення $Q_{Т\Phi O}^{НЧ} / Q_{Т\Phi O}^{max Ч}$		Вибір продукції	Нагрівальна витяжка	Когенераційних	Конденсацій на генерація
Т-260/300-240	-	330	930	-	685	910	1910

1.6.1 Величини теплових навантажень

Централізоване теплопостачання від ТЕЦ гарячою водою здійснюється в основному в комунальний сектор для опалення, вентиляції та гарячого водопостачання.

Теплопостачання від когенераційних відборів ТЕЦ:

$$Q_{Т\Phi O} = 1381.7 \frac{ГДж}{ч} = 330 \frac{Гкал}{ч} - \text{одна турбіна } T - 250 / 300 - 240;$$

$$Q_{Т\Phi O}^{ТЭЦ} = 3 \cdot 330 = 990 \frac{Гкал}{ч}; \quad (1.108)$$

Сумарна теплова потужність ТЕЦ:

$$Q_{ТФ}^{ТЭЦ} = \frac{Q_{Т\Phi O}^{ТЭЦ}}{\alpha_{ТФ}} = \frac{990}{0.65} = 1523 \frac{Гкал}{ч}. \quad (1.109)$$

Годинна теплова потужність з ПВХ:

$$Q_{ПВХ} = Q_{ТФ}^{ТЭЦ} - Q_{Т\Phi O}^{ТЭЦ} = 1523 - 990 = 533 \frac{Гкал}{ч}. \quad (1.110)$$

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Вибирайте два ПВХ ємністю $180 \frac{\Gamma_{\text{кал}}}{\text{ч}}$ (з умови надійності ПВХ має бути не менше двох)

$$n = \frac{Q_{\text{ПВХ}}}{750} = \frac{533}{180} = 2.96 \Rightarrow 3 \text{ котли.} \quad (1.111)$$

1.6.2 Обґрунтування теплових $\eta_{\text{т}}=0.9$. Питома витрата тепла на одного мешканця та кількість годин використання максимального навантаження становлять:

Для опалення та вентиляції:

$$q_{\text{ОВ}}^{\text{год}} = 13.1 \frac{\Gamma_{\text{кал}}}{\text{год} \cdot \text{чел}};$$

$$h_{\text{ОВ}}^{\text{max}} = 2500 \text{ ч};$$

Для гарячого водопостачання:

$$q_{\text{ГВ}}^{\text{год}} = 8.1 \frac{\Gamma_{\text{кал}}}{\text{год} \cdot \text{чел}};$$

$$h_{\text{ГВ}}^{\text{max}} = 3500 \text{ ч};$$

$$h_{\text{ТФ}}^{\text{MAX}} = \frac{q_{\text{ме}}^{\text{дмБ}} \cdot h_{\text{ме}}^{\text{MAX}} + q_{\text{де}}^{\text{дмБ}} \cdot h_{\text{де}}^{\text{MAX}}}{q_{\text{ТФ}}^{\text{дмБ}}} = \frac{13.1 \cdot 2500 + 8.1 \cdot 3500}{13.1 + 8.1} = 2800 \text{ ч}; \quad (1.112)$$

Тоді кількість жителів визначається як:

$$z_{\text{расч}} = \frac{Q_{\text{ТЭЦ}}^{\text{ТФ}} \cdot \eta_{\text{тс}} \cdot h_{\text{max}}^{\text{тф}}}{q_{\text{уд}}^{\text{год}}} = \frac{1523 \cdot 0.9 \cdot 2800}{21.2} = 181035 \text{ жителів}; \quad (1.113)$$

Чисельність населення міста на початок розрахункового періоду:

$$z_{\text{поч}} = z_{\text{рос}} / (1 + i/100)^{\text{Трасч}} \quad (1.114)$$

$$z_{\text{поч}} = 181035 / (1 + 1.5/100)^5 = 195026 \text{ жителів}$$

де i – щорічний приріст населення міста;

Час, необхідний для того, щоб ТЕЦ досягла проектного навантаження.

Теплове навантаження на початок розрахункового періоду:

$$Q_{\text{тф,нач}} = \frac{Q_{\text{тф}}^{\text{ТЭЦ}} \cdot z_{\text{нач}}}{z_{\text{расч}}} = \frac{1523 \cdot 195026}{181035} = 1640.7 \frac{\Gamma_{\text{кал}}}{\text{ч}}. \quad (1.115)$$

Визначимо річне навантаження на опалення за розрахунковим періодом:

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Опалення та вентиляція:

$$Q^{PIK}_{O+B} = Z_{рос} \times q^{PIK}_{O+B} \quad (1.116)$$

$$Q^{PIK}_{O+B} = 181035 \times 13.1 = 2371558.5 \text{ Гкал/рік};$$

Гаряче водопостачання:

$$Q^{PIK}_{Г.В} = Z_{рос} \times q^{PIK}_{Г.В} \quad (1.117)$$

$$Q^{PIK}_{Г.В} = 81035 \times 8.1 = 1466383.5 \text{ Гкал/рік};$$

Максимальні погодинні навантаження за розрахунковий рік:

Опалення та вентиляція:

$$Q^P_{O+B} = Q^{PIK}_{O+B} / h_{O+B}^{MAX} \quad (1.118)$$

$$Q^P_{O+B} = 2371558.5 / 2500 = 948.6 \text{ Гкал/год};$$

Гаряче водопостачання:

$$Q^P_{Г.В} = Q^{PIK}_{Г.В} / h_{Г.В}^{MAX} = 1466383.5 / 3500 = 419 \text{ Гкал/год};$$

При цьому сумарний річний відпуск теплової енергії від ТЕЦ до звітного року:

$$Q^{ТЕЦ}_{тф.рік} = (Q^{PIK}_{O+B} + Q^{PIK}_{Г.В}) / \eta_{т.с} \quad (1.119)$$

$$Q^{ТЕЦ}_{тф.рік} = (2371558.5 + 1466383.5) / 0.9 = 4264380 \text{ Гкал/рік};$$

Сумарна погодинна теплова потужність ТЕЦ:

$$Q^{ТЕЦ}_{тф} = (Q^P_{O+B} + Q^P_{Г.В}) / \eta_{т.с} \quad (1.120)$$

$$Q^{ТЕЦ}_{тф} = (948.6 + 419) / 0.9 = 1520 \text{ Гкал/год};$$

Річна теплова потужність від когенераційних відборів ТЕЦ

$$Q^{ТЕЦ}_{тф.о.рік} = Q^{ТЕЦ}_{тф.рік} \times атф^{PIK} \quad (1.121)$$

$$Q^{ТЕЦ}_{тф.о.рік} = 4264380 \times 0.91 = 3880585.8 \text{ Гкал/рік};$$

де $атф^{PIK}$ - річний коефіцієнт нагріву.

1.6.3 Підбір основного обладнання ТЕЦ

Відповідно до величини і структури теплових навантажень з урахуванням блочної схеми ТЕЦ припускаємо наступний склад основного обладнання: $3 \times T-$

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

250-240. В якості конкуруючого варіанту будівництва теплової електростанції візьмемо 4×К-300-240

1.6.4 Розрахунок капітальних вкладень в ТЕЦ

Капітальні вкладення в основне обладнання ТЕЦ визначаються за формулою:

$$K_{\text{ТЕЦ}} = K'_{\text{ка}} + K'_{\text{тг}} + K'_{\text{пвк}} + \sum_{i=1}^{n-1} K''_{\text{ка}} + \sum_{i=1}^{n-1} K''_{\text{тг}} + \sum_{i=1}^{n-1} K''_{\text{пвк}}, \quad (1.122)$$

де

$K'_{\text{ка}}$, $K'_{\text{тг}}$, $K'_{\text{пвк}}$ – капітальні вкладення в основний котел, турбінний агрегат, ПВХ відповідно.

$K''_{\text{ка}}$, $K''_{\text{тг}}$, $K''_{\text{пвк}}$ – інвестиції в наступні підрозділи.

Таблиця 1.2

Тип Обладнання	Вид Паливо	Витрати на одиницю продукції	
		головні	Наступні
Т-250/300-240+1000	Газ	96	60
ПВК-100Гкал/год	Газ	-	3.5

$$K_{\text{ТЕЦ}} = \left[K'_{T-250} + 2 \cdot K''_{T-250} + K''_{\text{ПВК}} \cdot 3 \right] \cdot 10^6 = 226.5 \cdot 10^6 \$; \quad (1.123)$$

Питомі капітальні вкладення в ТЕЦ:

$$\kappa = \frac{K}{N_{\text{ТЕЦ}}} = \frac{226.5 \cdot 10^6}{750000} = 302 \frac{\$}{\text{кВт}}; \quad (1.124)$$

Щорічні експлуатаційні витрати на підприємстві складаються з умовні константи та умовні змінні:

$$\begin{aligned} I_{\text{пост}} &= 1.3 \cdot \left(1.2 \cdot K_{\text{ТЕЦ}} \cdot \frac{P_{\text{ам}}}{100} + \kappa_{\text{шт}} \cdot N_{\text{ТЕЦ}} \cdot 3_{\text{сг}} \right) = \\ &= 1.3 \cdot \left(1.2 \cdot 226.5 \cdot 10^6 \cdot \frac{7.3}{100} + 0.5 \cdot 170 \cdot 2500 \right) = 26 \cdot 10^6 \frac{\$}{\text{год}}; \end{aligned} \quad (1.125)$$

$P_{\text{ам}}$ – норма амортизації (прийняти $P_{\text{ам}} = 7,3\%$);

$\kappa_{\text{шт}}$ – нормативний коефіцієнт ($\kappa_{\text{шт}} = 0,5$ чол./МВт);

$3_{\text{с.г.}}$ – середньорічна заробітна плата ($3_{\text{с.г.}} = 2500$ \$/чол-рік);

1.2 – коефіцієнт, що враховує вартість поточного ремонту;

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

1,3 – коефіцієнт, що враховує загальнозаводські витрати

Змінні виробничі витрати визначаються витратами на паливо, спожите на ТЕЦ.

$$I_{\text{пер}} = V_{\text{ТЕЦ}} Z_T \text{ де}$$

$V_{\text{ТЕЦ}}$ - витрата палива на ТЕЦ;

Z_T – ціна однієї тонни паливного еквівалента.

1.5 Визначення річних витрат палива на ТЕЦ

Річна витрата палива ТЕЦ визначається виходячи з енергетичних характеристик турбоагрегатів і котельних агрегатів. Для розрахунку річного споживання тепла на одну турбіну необхідно годинну енергетичну характеристику турбіни перетворити в річну, тобто

$$Q^{\text{ч}}_{\text{Ti}} = a + r_k N_i - \Delta r_k N_{\text{Ti}} + Q^{\text{ч}}_{\text{ТХОi}} + Q^{\text{ч}}_{\text{ТФОi}}, \quad (1.126)$$

де

$$N_{\text{Ti}} = W_{\text{ТХО}} Q^{\text{ч}}_{\text{ТХОi}} + W_{\text{ТФО}} Q^{\text{ч}}_{\text{ТФОi-c}}, \quad (1.127)$$

перетворити на

$$Q^{\text{р}}_{\text{год}} = aT + r_k N_T h - \Delta r E_T + Q_{\text{ТХО}} h_{\text{ТХО}} + Q_{\text{ТФО}} h_{\text{ТФО}} \quad (1.128)$$

$$E_T = W_{\text{ТХО}} Q_{\text{ТХО}} h_{\text{ТХО}} + W_{\text{ТФО}} Q_{\text{ТФО}} h_{\text{ТФО-cT}}, \quad (1.129)$$

Таблиця 1.3 Енергетичні характеристики турбіни Т-250, МВт/МВт

	i	pk	r	z	W_{TFO}	z	$\Pi_{\text{тхо}}$	Q_{TFO}
Т-250/300-240	39.6	1.98	1.32	-	0.63	40.7	-	384

Де a - споживання тепла холостого ходу, МВт;

c - втрати від відведення, МВт;

T - кількість мотогодин роботи турбіни на рік, год/рік;

h - річна кількість годин використання електроенергії, год/рік;

r_k - відносний приріст потоку конденсату;

Δr - зменшення відносного приросту когенераційного потоку;

									Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата					

$W_{\text{тхo}}$ - питома генерація електроенергії при технологічному видобутку,
 MBT/MBT

$W_{\text{тфо}}$ - питома генерація електроенергії при видобутку когенерації,
 MBT/MBT .

$Q_{\text{тхo}}$ - номінальна величина технологічного відбору;

$Q_{\text{тфо}}$ - номінальна величина відбору когенерації;

$$\mathcal{E}_{T-250} = 0.63 \cdot 384 \cdot 3500 - 40.7 \cdot 5500 = 662870 \frac{\text{MBm} \cdot \text{ч}}{\text{год}}; \quad (1.130)$$

$$\mathcal{E}_{\Sigma T-250} = 3 \cdot 662870 = 1988610 \frac{\text{MBm} \cdot \text{ч}}{\text{год}}; \quad (1.131)$$

$$Q_{T-250}^{\text{год}} = 39.5 \cdot 5500 + 1.98 \cdot 250 \cdot 5500 - 1.32 \cdot 662870 + 384 \cdot 3500 = 3412075.9 \frac{\text{MBm} \cdot \text{ч}}{\text{год}}; \quad (1.132)$$

$$Q_{\Sigma T-250}^{\text{год}} = 3 \cdot 3412075.9 = 10236227.7 \frac{\text{MBm} \cdot \text{ч}}{\text{год}} = 8801108.6 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}; \quad (1.133)$$

Сумарний відпуск електроенергії від автобусів ТЕЦ:

$$E_{\text{тец}} = \sum N_i h_i (1 - \Delta E_{\text{с.н.}} / 100); \quad (1.134)$$

де N_i - електрична потужність і-го турбінного агрегату;

h_i – річна кількість використаної електроенергії

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{сн}} = 6\%;$$

$$\mathcal{E}_{\text{тец}} = 750 \cdot 5500 \left(1 - \frac{6}{100} \right) = 3.88 \cdot 10^6 \frac{\text{MBm} \cdot \text{ч}}{\text{год}}. \quad (1.135)$$

Загальна потреба в теплі парових котлів:

$$Q_{\text{ка}} = 1.02 \cdot \sum Q_m = 1.02 \cdot 8801108.6 = 8977130.7 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}; \quad (1.136)$$

$$Q_{\text{поу}} = 0;$$

Річна еквівалентна витрата палива для парових котлів:

$$B_{\text{ка}} = b_{\text{ка}} \cdot Q_{\Sigma} = 0.157 \cdot 8977130.7 = 1409409.5 \frac{\text{т} \cdot \text{у} \cdot \text{м}}{\text{год}}; \quad (1.137)$$

Питома витрата палива на вироблення тепла на ПВХ:

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$b_{ПВК} = \frac{0.143}{\eta_{ПВК} \cdot \eta_{ТП}} = \frac{0.143}{0.86 \cdot 0.99} = 0.168 \frac{му.м.}{Гкал}; \quad (1.138)$$

Річна еквівалентна витрата палива для ПВХ

$$B_{ПВК} = Q_{ТФ} \cdot (1 - \alpha_{ТФ}) \cdot b_{ПВК} = 3892384.9 \cdot (1 - 0.89) \cdot 0.168 = 71931.3 \frac{му.м.}{год}; \quad (1.139)$$

Річна витрата паливного еквівалента на ТЕЦ:

$$B_{ТЭЦ} = B_{КА} + B_{ПВК} = 1.4 \cdot 10^6 + 71931.3 = 1.48 \cdot 10^6 \frac{му.м.}{год}; \quad (1.140)$$

Змінні річні витрати:

$$I_{пер} = B_{ТЭЦ} \cdot C_{му.м.} = 1.48 \cdot 10^6 \cdot 65 = 96.2 \cdot 10^6 \$; \quad (1.141)$$

$$C_{му.м.} = 65 \frac{\$}{му.м.};$$

Розрахунок поточних витрат і загальних капітальних інвестицій в комбіновану схему ТЕЦ

$$З_{тец} = E_n K_{тец} + I_{пост} + I_{пер} + E_n (k_{тс} + k_{леп}) + I_{тс} + I_{леп} \quad (1.142)$$

де $K_{тс}$, $K_{леп}$ - капітальні вкладення в теплові мережі та лінії електропередач.

Щорічні витрати на експлуатацію та обслуговування теплових та електричних мереж:

$$I_{тс} = 0,075 \cdot K_{тс};$$

$$I_{леп} = 0,034 \cdot K_{леп};$$

Приймаємо довжину теплових мереж і ліній електропередач:

$$l_{тс} = 15 \text{ км}; l_{леп} = 25 \text{ км}.$$

Питомі капітальні вкладення:

$$k_{тс} = 4 \cdot 10^6 \$/\text{км};$$

$$k_{леп} = 0,56 \cdot 10^6 \$/\text{км}.$$

$$K_{тс} = 4 \cdot 10^6 \cdot 15 = 60 \cdot 10^6 \$;$$

$$K_{леп} = 0,56 \cdot 10^6 \cdot 25 = 14 \cdot 10^6 \$;$$

Витрати:

$$I_{тс} = 0,075 \cdot 60 \cdot 10^6 = 4,5 \cdot 10^6 \$/\text{рік};$$

$$I_{леп} = 0,034 \cdot 14 \cdot 10^6 = 0,48 \cdot 10^6 \$/\text{рік}.$$

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Річна еквівалентна витрата палива для ПВХ

$$Z_{TЭЦ} = E_n \cdot K_{TЭЦ} + I_{пост} + I_{пер} + E_n \cdot (\kappa_{мс} + \kappa_{лэн}) + I_{мс} + I_{лэн} =$$

$$= 0.12 \cdot 226.5 \cdot 10^6 + (26 + 90.35) \cdot 10^6 + 0.12 \cdot (4 + 0.56) \cdot 10^6 + (4.5 + 0.48) \cdot 10^6 = 149 \cdot 10^6 \frac{\$}{год}.$$

(1.143)

$E_n = 0,12$ – нормативний коефіцієнт;

Повне вкладення в комбіновану схему:

$$K_{\kappa} = K_{TЭЦ} + K_{мс} + K_{лэн} = (226.5 + 60 + 14) \cdot 10^6 = 300.5 \cdot 10^6 \$.$$

(1.144)

1.6.5 Капітальні інвестиції та річні операційні витрати

Таблиця 1.4 витрати при використанні газу

Тип Обладнання	В ид Па ливо	Витрати на одиницю продукції	
		головні	Наступні
К-300- 240+1000	Га з	62	33.6

Повні капітальні інвестиції в КЕС:

$$K_{КЭС} = K'_{К-300} + 3 \cdot K'_{К-300} = (62 + 3 \cdot 33.6) \cdot 10^6 = 162.8 \cdot 10^6 \$;$$

(1.145)

$$I_{пост}^{КЭС} = 1.3 \cdot \left(1.2 \cdot K_{КЭС} \cdot \frac{P_{ам}}{100} + \kappa_{шт} \cdot N_{КЭС} \cdot 3_{сг} \right) =$$

$$= 1.3 \cdot \left(1.2 \cdot 162.8 \cdot 10^6 \cdot \frac{3.1}{100} + 0.37 \cdot 1200 \cdot 2000 \right) = 9 \cdot 10^6 \frac{\$}{год};$$

(1.146)

$P_{ам}$ – норма амортизації (прийняти $P_{ам} = 3,1\%$);

$\kappa_{шт}$ – нормативний коефіцієнт ($\kappa_{шт} = 0,37$ чол./МВт);

$3_{с.г.}$ – середньорічна заробітна плата ($3_{с.г.} = 2000$ \$/людино-рік);

1.2 – коефіцієнт, що враховує вартість поточного ремонту;

1,3 – коефіцієнт, що враховує загальнозаводські витрати;

- Споживання електроенергії на власні потреби $\Delta E_{сн} = 3\%$

Електропостачання від електростанції:

									Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата					

$$\mathcal{Q}_{KЭС} = 1200 \cdot 5500 \cdot \left(1 - \frac{3}{100}\right) = 6.4 \cdot 10^6 \frac{MBm \cdot ч}{год}. \quad (1.147)$$

Таблиця 1.5 показники котла

	<i>a</i>	<i>r</i>	<i>r'</i>	<i>Шия</i>	$\Delta \mathcal{Q}_{сн}$
<i>K-300</i>	300	47.3	2.17	2.21	280

Річне споживання тепла на одиницю продукції:

$$Q_T = aT_p + rE_{ек} + r'(E - E_{ек}) \quad (1.148)$$

$T_p = 5500$ год – кількість годин роботи турбіни на рік;

$$E - E_{ек} = \beta E (N_{ном} - N_{ек}) / N_{ном}, \quad (1.149)$$

Де $\beta = 0.95$ (приймаємо) – коефіцієнт, що враховує ступінь завантаження турбіни;

$$\mathcal{Q} - \mathcal{Q}_{эк} = \frac{\beta \cdot \mathcal{Q} \cdot (N_{ном} - N_{эк})}{N_{ном}} = \frac{0.95 \cdot 1200 \cdot 5500 (300 - 280)}{1200} = 104500 \frac{MBm \cdot ч}{год}; \quad (1.150)$$

$$\mathcal{Q}_{эк} = N_{эк} \cdot h_{эк} = 280 \cdot 5500 = 1.54 \cdot 10^6 \frac{MBm \cdot ч}{год}; \quad (1.151)$$

$$Q_T = 47.3 \cdot 5500 + 2.17 \cdot 1.54 \cdot 10^6 + 2.21 \cdot 104500 = 3.83 \cdot 10^6 \frac{MBm \cdot ч}{год} = 3.3 \cdot 10^6 \frac{Гкал}{год}. \quad (1.152)$$

Річна витрата палива на 1 одиницю:

$$B_{бл}^{год} = \frac{Q_T}{\eta_{КА} \cdot K_n} + B \cdot n = \frac{3.83 \cdot 10^6}{0.9 \cdot 8.14} + 81.6 = 0.52 \cdot 10^6 \frac{ту.м.}{год}; \quad (1.153)$$

Річна витрата палива на електростанції:

$$B_{KЭС} = 4 \cdot 0.52 \cdot 10^6 = 2.08 \cdot 10^6 \frac{ту.м.}{год}; \quad (1.154)$$

Питома витрата палива на електропостачання:

$$B_{э} = \frac{B_{KЭС}}{\mathcal{Q}_{KЭС} \cdot (1 - \Delta \mathcal{Q}_{сн})} = \frac{2.08 \cdot 10^6}{6.4 \cdot 10^6} = 0.325 \frac{ту.м.}{MBm \cdot ч}; \quad (1.155)$$

Змінні річні витрати CES:

$$I_{пер}^{KЭС} = B_{KЭС}^{год} \cdot C_{ту.м.} = 2.08 \cdot 10^6 \cdot 65 = 135.2 \cdot 10^6 \frac{\$}{год}; \quad (1.156)$$

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

1.7 Розрахунок котельні

Виходячи з порівнянності варіантів, районна котельня повинна забезпечувати таку ж теплову потужність, як і ТЕЦ.

Знайдемо кількість водогрійних котлів:

$$Z = Q_{\text{ТФ}}^{\text{ч}} / Q_{\text{ВК}}^{\text{ч}}. \quad (1.157)$$

Вибираємо водогрійні котли типу ПТВМ – 180 продуктивністю 180 Гкал/год; $Z = \frac{746.7}{180} = 4.148 \Rightarrow 5_{\text{котлов.}}$

Загальна кількість котлів відповідає одній котельні

Капітальні інвестиції в котельню:

$$K_{\text{кот}} = K'_{\text{БК}} + 4 \cdot K''_{\text{БК}} = 3381 + 4 \cdot 919 = 7 \cdot 10^6 \$; \quad (1.158)$$

Максимальна водонагрівальна потужність котельні:

$$Q_{\text{кот}} = Q_{\text{БК}}^{\text{ч}} \cdot n = 180 \cdot 5 = 900 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}; \quad (1.159)$$

Приймаємо згідно з рекомендаціями з урахуванням $Q_{\text{кот}}^{\Sigma}$, норма амортизації $R_a = 3\%$, середньорічна заробітна плата $z_{\text{ст}} = 1500$ \$/рік, коефіцієнт персоналу $k_{\text{шт}} = 0,25$ чел / Гкал.

Постійні річні витрати котельні:

$$\begin{aligned} I_{\text{пост}}^{\text{КОТ}} &= 1.3 \cdot \left(1.1 \cdot K_{\text{КОТ}} \cdot \frac{P_{\text{ам}}}{100} + k_{\text{шт}} \cdot Q_{\text{КОТ}} \cdot z_{\text{сз}} \right) = \\ &= 1.3 \cdot \left(1.1 \cdot 7 \cdot 10^6 \cdot \frac{3}{100} + 0.25 \cdot 900 \cdot 1500 \right) = 0.74 \cdot 10^6 \frac{\$}{\text{год}}; \end{aligned} \quad (1.160)$$

Річна витрата палива на котельню:

$$B_{\text{КОТ}} = (1 - 0.02) \cdot \left[\frac{Q_{\text{тф}}}{\eta_{\text{БК}} \cdot K_n} \right] = 0.98 \cdot \left[\frac{746.7 \cdot 3500}{0.9 \cdot 7} \right] = 0.406 \cdot 10^6 \frac{\text{т.т.}}{\text{год}}; \quad (1.161)$$

1.8 Розрахунок вартості спліт-схеми

Інвестиції в спліт-схему:

$$K_p = K_{\text{кес}} + K_{\text{кот}} + K_{\text{ТЦ}}^p + K_{\text{леп}}^p. \quad (1.162)$$

Приймаємо довжину теплових мереж і ліній електропередач:

$l_{\text{ТС}} = 10$ км; $l_{\text{леп}} = 100$ км.

						Арк
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Питомі капітальні вкладення:

$$k_{TC}=4 \times 10^6 \text{ \$/км}; k_{л\epsilon\pi}=0.56 \times 10^6 \text{ \$/км};$$

$$K_{TC}^P = k_{TC} l_{TC} = 4 \times 10^6 \times 10 = 40 \times 10^6 \text{ \$/рік} \quad (1.163)$$

$$K_{л\epsilon\pi}^P = k_{л\epsilon\pi} l_{л\epsilon\pi} = 0.56 \times 10^6 \times 100 = 56 \times 10^6 \text{ \$/рік} \quad (1.164)$$

$$K_P = (162.8 + 7 + 40 + 56) \cdot 10^6 = 265.8 \cdot 10^6 \frac{\$}{\text{год}}; \quad (1.165)$$

Витрати на теплові мережі та лінії електропередач:

$$I_{TC}^P = 0.075 K_{TC}^P = 0.075 \times 40 \times 10^6 = 3 \times 10^6 \text{ \$/рік} \quad (1.166)$$

$$I_{л\epsilon\pi}^P = 0.034 K_{л\epsilon\pi}^P = 0.034 \times 56 \times 10^6 = 1.9 \cdot 10^6 \text{ \$/Год} \quad (1.167)$$

Річні умовно-змінні витрати спліт-схеми:

$$I_{пер}^P = I_{пер}^{KЭС} + B_{КОТ} \cdot C_{ту.м.} = 135.2 \cdot 10^6 + 0.406 \cdot 10^6 \cdot 65 = 161.59 \cdot 10^6 \frac{\$}{\text{год}}; \quad (1.168)$$

Витрати розбиваються на окремі схеми:

$$\begin{aligned} Z_P &= E_n \cdot K_P + I_{пост}^{KЭС} + I_{пост}^{КОТ} + I_{пер}^P + I_{мс}^P + I_{л\epsilon\pi}^P = \\ &= 0.12 \cdot 265.8 \cdot 10^6 + (9 + 0.74) \cdot 10^6 + 161.59 \cdot 10^6 + (3 + 1.9) \cdot 10^6 = 208.13 \cdot 10^6 \frac{\$}{\text{год}}. \end{aligned} \quad (1.169)$$

Капітальні вкладення за окремою схемою без урахування капітальних вкладень у теплові мережі та лінії електропередачі:

$$K_P^* = K_{KЭС} + K_{КОТ} = (162.8 + 7) \cdot 10^6 = 169.8 \cdot 10^6 \frac{\$}{\text{год}}; \quad (1.170)$$

1.9 Розрахунок NPV

Комбінована схема

Балансова вартість основних засобів:

$$C_{осн.ф}^0 = K_{ТЭЦ} + K_{TC} + K_{л\epsilon\pi} = 226.5 + 60 + 14 = 300.5 \cdot 10^6 \$; \quad (1.171)$$

Прийняті тарифи на теплову та електричну енергію:

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 0.03 \$;$$

$$1 \frac{\text{ГДж}}{\text{ч}} = 15 \$.$$

Термін служби станції $T_{sl}=25$ років.

Норма амортизації:

						Арк
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$P_a = \frac{1}{T_{cl}} \cdot 100\% = \frac{1}{25} \cdot 100\% = 4\%; \quad (1.172)$$

Прибуток:

$$\begin{aligned} \Pi &= \Pi_{\text{э}} \cdot \mathcal{E}_{TЭЦ} + \Pi_{mэ} \cdot Q_{TЭЦ} \cdot \eta_{mc} - I_{nocm} - I_{nep} + I_a = \\ &= 30 \cdot 3.88 \cdot 10^6 + 15 \cdot 4.26 \cdot 10^6 \cdot 0.9 - (26 + 90.35) \cdot 10^6 + 9.06 \cdot 10^6 = 66.62 \cdot 10^6 \frac{\$}{год}; \end{aligned} \quad (1.173)$$

Чиста приведена вартість:

$$NPV = -I + \sum_{t=t_H}^{T_{cl}} \frac{\Pi_t}{(1+r)^t} \quad (1.174)$$

$$I = C_{ocн.ф}^{\delta} - C_{ocн.ф}^{\eta} = (300.5 - 15) \cdot 10^6 = 285.5 \cdot 10^6 \$; \quad (1.175)$$

Ми приймаємо відсоткову ставку $r = 30\%$

$$NPV = -285.5 \cdot 10^6 + \sum_{t=6}^{25} \frac{66.62 \cdot 10^6}{(1+0.3)^t} = -226.21 \cdot 10^6 \$;$$

Ми приймаємо відсоткову ставку $r = 20\%$

$$NPV = -285.5 \cdot 10^6 + \sum_{t=6}^{25} \frac{66.62 \cdot 10^6}{(1+0.2)^t} = -154.92 \cdot 10^6 \$;$$

Ми приймаємо відсоткову ставку $r = 10\%$

$$NPV = -285.5 \cdot 10^6 + \sum_{t=6}^{25} \frac{66.62 \cdot 10^6}{(1+0.1)^t} = 64.26 \cdot 10^6 \$;$$

Схема спліту

Балансова вартість основних засобів:

$$C_{ocн.ф}^{\delta} = K^P = 265.8 \cdot 10^6 \$;$$

Прийняті тарифи на теплову та електричну енергію:

$$1кВт \cdot ч = 0.03\$;$$

$$1 \frac{ГДж}{ч} = 15\$.$$

Термін служби станції приймається рівним $T_{sl}=30$ років.

Норма амортизації:

$$P_a = \frac{1}{T_{cl}} \cdot 100\% = \frac{1}{30} \cdot 100\% = 3.3\%; \quad (1.176)$$

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Прибуток:

$$\begin{aligned} \Pi &= \Pi_{\text{зз}} \cdot \mathcal{E}_{T\text{ЭЦ}} + \Pi_{m\text{э}} \cdot Q_{T\text{ЭЦ}} \cdot \eta_{mc} - I_{\text{норм}} - I_{\text{неп}} + I_a = \\ &= 30 \cdot 6.4 \cdot 10^6 + 15 \cdot 2.6 \cdot 10^6 \cdot 0.9 - (9.74 + 161.59) \cdot 10^6 + 5.25 \cdot 10^6 = 64.92 \cdot 10^6 \frac{\$}{\text{год}}; \end{aligned} \quad (1.177)$$

Чиста приведена вартість:

$$NPV = -I + \sum_{t=t_0}^{T_{C/I}} \frac{\Pi_t}{(1+r)^t} \quad (1.178)$$

$$I = C_{осн.ф}^{\delta} - C_{осн.ф}^{\lambda} = (265.8 - 13.29) \cdot 10^6 = 252.5 \cdot 10^6 \$; \quad (1.179)$$

Ми приймаємо відсоткову ставку $r = 30\%$

$$NPV = -252.5 \cdot 10^6 + \sum_{t=6}^{25} \frac{64.92 \cdot 10^6}{(1+0.3)^t} = -194.7 \cdot 10^6 \$;$$

Ми приймаємо відсоткову ставку $r = 20\%$

$$NPV = -252.5 \cdot 10^6 + \sum_{t=6}^{25} \frac{64.92 \cdot 10^6}{(1+0.2)^t} = -125.25 \cdot 10^6 \$;$$

Ми приймаємо відсоткову ставку $r = 10\%$

$$NPV = -252.5 \cdot 10^6 + \sum_{t=6}^{25} \frac{64.92 \cdot 10^6}{(1+0.1)^t} = 88.33 \cdot 10^6 \$;$$

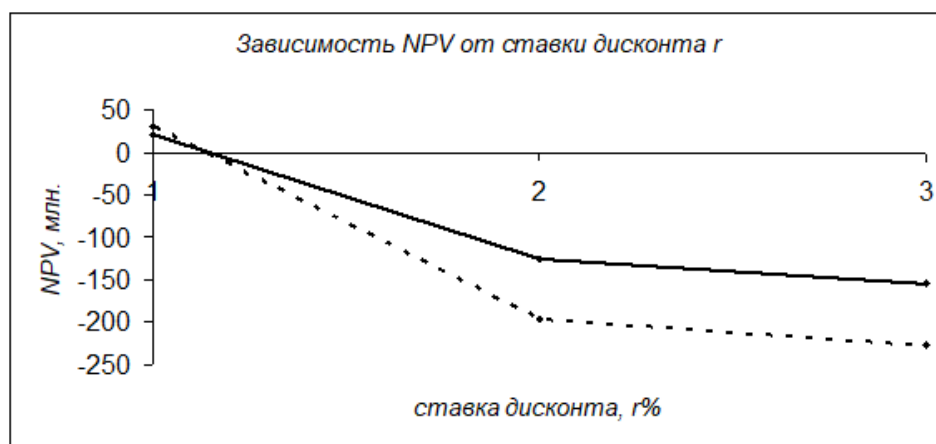


Рисунок 1.1 Залежність NPV від дисконта.

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

2 ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА

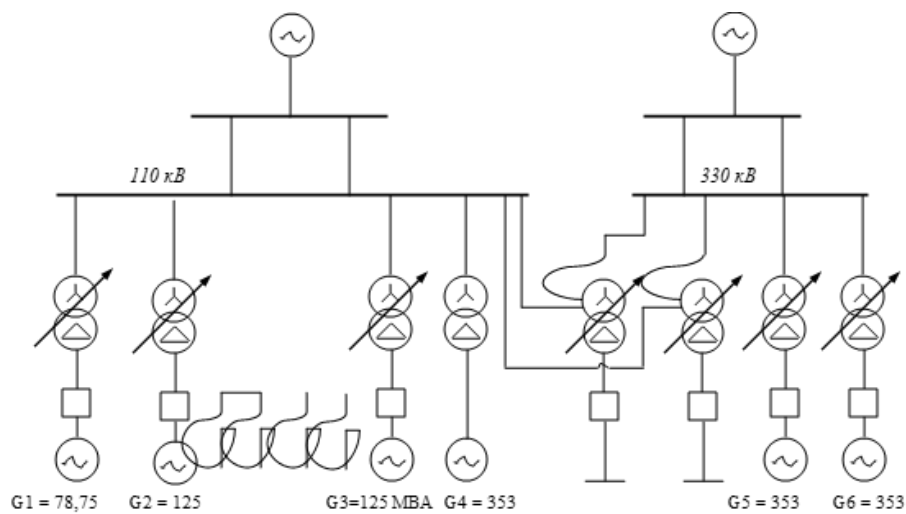


Рис. 2.1 Вихідна схема мережі для розрахунку
Параметри елементів діаграми:

2.1 Генератори:

$$I1-S_h = 78.75 \text{ MBA}; \quad X_d'' = 0.153; \quad \cos(\varphi) = 0.8;$$

$$I2-S_u = 125MBA; \quad X_d'' = 0.192; \quad \cos(\varphi) = 0.85;$$

$$\Gamma 3 - S_H = 125 \text{MBA}; \quad X_d'' = 0.192; \quad \cos(\varphi) = 0.85;$$

$$\Gamma 4 - S_H = 353 \text{ MBA}; \quad X_d'' = 0.173; \quad \cos(\varphi) = 0.85;$$

$$I5-S_n = 353MBA; X_d'' = 0.173; \cos(\varphi) = 0.85;$$

$$I6 - S_u = 353MBA; \quad X_d'' = 0.173; \quad \cos(\varphi) = 0.85.$$

2.2 Трансформатори:

$$T1-S_y = 80MBA; \quad u_x \% = 10.5 \%;$$

$$T2-S_{\text{н}} = 125 \text{ MBA}; u_{\text{к}} \% = 10.5\%;$$

$$T3 - S_h = 125 \text{ MBA}; \quad u_k \% = 10.5\%;$$

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$T4-S_n = 400\text{МВА}; u_k \% = 10.5\%;$$

$$T5-S_n = 400\text{МВА}; u_k \% = 10.5\%;$$

$$T6-S_n = 400\text{МВА}; u_k \% = 11\%.$$

Автотрансформатори:

$$AT1 \text{ и } AT2 - u_{KB-H} = 34\%; u_{KB-C} = 10\%; u_{KC-H} = 22.4\%.$$

Реактори:

$$X_p = 0.35 \text{ Ом}.$$

Передачі:

$$ОРУ - 110\text{кВ}: I_1 = 100\text{кМ};$$

$$ОРУ - 330\text{кВ}: I_2 = 300\text{кМ}.$$

Визначимо параметри елементів цієї схеми заміщення при $S_{\sigma} = 1000\text{МВА}$, $U_{\sigma} = 340\text{кВ}$ (тобто середню номінальну напругу каскаду напруги, де обрана точка короткого замикання), тоді:

$$I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\sigma}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 340} = 1.7\text{кА}. \quad (2.1)$$

Перерахуємо ЕРС генераторів у відносних одиницях за формулою:

$$E_*'' = U_* + I_* \cdot x_d'' \cdot \sin(\varphi) \quad (2.2)$$

$$\text{Генератор Г1: } E_1'' = 1 + 1 \cdot 0.153 \cdot 0.6 = 1.092;$$

$$\text{Генератор Г2: } E_2'' = 1 + 1 \cdot 0.192 \cdot 0.526 = 1.1;$$

$$\text{Генератор Г3: } E_3'' = 1 + 1 \cdot 0.192 \cdot 0.526 = 1.1;$$

$$\text{Генератор Г4: } E_4'' = 1 + 1 \cdot 0.173 \cdot 0.526 = 1.09;$$

$$\text{Генератор Г5: } E_5'' = 1 + 1 \cdot 0.173 \cdot 0.526 = 1.09;$$

$$\text{Генератор Г6: } E_6'' = 1 + 1 \cdot 0.173 \cdot 0.526 = 1.09.$$

						Арк
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Перерахуємо опори генераторів у відносних одиницях за формулою:

$$X_* = X_d \cdot \frac{S_6}{S_H} \quad (2.3)$$

Генератор Г1: $x_* = x_d'' \cdot \frac{S_6}{S_H}$

Генератор Г2: $x_3 = 0.192 \cdot \frac{1000}{125} = 1.536$;

Генератор ГЗ: $x_9 = 0.192 \cdot \frac{1000}{125} = 1.536;$

Генератор Г4: $x_{12} = 0.173 \cdot \frac{1000}{353} = 0.49;$

Генератор Г5: $x_{19} = 0.173 \cdot \frac{1000}{353} = 0.49;$

Генератор Г6: $x_{21} = 0.173 \cdot \frac{1000}{353} = 0.49$.

Перерахуємо опори трансформаторів у відносних одиницях за формулою:

$$X_* = \frac{u_k \%}{100} \cdot \frac{S_{\bar{6}}}{S_H} \quad (2.4)$$

Трансформатор Т1: $x_1 = \frac{10.5}{100} \cdot \frac{1000}{80} = 1.313;$

Трансформатор Т2: $x_4 = \frac{10.5}{100} \cdot \frac{1000}{125} = 0.84;$

Трансформатор ТЗ: $x_{10} = \frac{10.5}{100} \cdot \frac{1000}{125} = 0.84;$

Трансформатор Т4: $x_{11} = \frac{10.5}{100} \cdot \frac{1000}{400} = 0.263;$

Трансформатор Т5: $x_{20} = \frac{10.5}{100} \cdot \frac{1000}{400} = 0.263;$

Трансформатор Т6: $x_{22} = \frac{11}{100} \cdot \frac{1000}{400} = 0.275$.

Перерахуємо опори автотрансформаторів у відносних одиницях за формулою:

						Арк
Зм...	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$x_* = \frac{u_k \%}{100} \cdot \frac{S_6}{S_H} \quad (2.5)$$

де

$$U_{KB} = 0.5 \cdot (u_{KB-C} + u_{KB-H} - u_{KC-H}); \quad (2.6)$$

$$U_{KC} = 0.5 \cdot (u_{KB-C} + u_{KC-H} - u_{KB-H}); \quad (2.7)$$

$$U_{KH} = 0.5 \cdot (u_{KB-H} + u_{KC-H} - u_{KB-C}). \quad (2.8)$$

АТ-1 і АТ-2:

$$U_{KB} = 0.5 \cdot (10 + 34 - 22.4) = 10.8 \%; \rightarrow x_{15} = x_{18} = \frac{10.8}{100} \cdot \frac{1000}{200} = 0.54;$$

$$U_{KC} = 0.5 \cdot (10 + 22.4 - 34) = -0.8 \%; \rightarrow x_{14} = x_{17} = \frac{-0.8}{100} \cdot \frac{1000}{200} = 0;$$

$$U_{KH} = 0.5 \cdot (34 + 22.4 - 10) = 23.2 \%; \rightarrow x_{13} = x_{16} = \frac{23.2}{100} \cdot \frac{1000}{200} = 1.16.$$

Перерахуємо опір ліній електропередач у відносних одиницях за формулою:

$$x_* = x_{уд} \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{ср.н}^2} \quad (2.9)$$

$x_{уд} = 0.4 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ – питомий опір 1 км повітряної лінії.

Розподільчий пристрій 110 кВ на відкритому повітрі:

$$l_1 = 100 \text{ км};$$

$U_{ср.н} = 115 \text{ кВ}$ – середню номінальну напругу для заданого каскаду за стандартною шкалою;

$$x_{23} = x_{уд} \cdot l_1 \cdot \frac{S_6}{U_{ср.н}^2} = 0.4 \cdot 100 \cdot \frac{1000}{115^2} = 3.025; \quad (2.10)$$

Розподільчий пристрій 330 кВ:

$$l_2 = 300 \text{ км};$$

						Арк
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$U_{cp.n} = 340 \text{ кВ}$ – середню номінальну напругу для заданого каскаду за стандартною шкалою;

$$x_{24} = x_{уд} \cdot l_2 \cdot \frac{S_6}{U_{cp.n}^2} = 0.4 \cdot 100 \cdot \frac{1000}{340^2} = 1.038. \quad (2.11)$$

Перерахуємо опір реактора у відносних одиницях за формулою:

$$x_* = \frac{x_p \%}{100} \cdot \frac{I_6}{I_n} \cdot \frac{U_n}{U_6} = \frac{x_p}{100} \cdot \frac{S_6}{U_{cp.n}^2} \quad (2.12)$$

$$P: x_5 = x_6 = x_7 = x_8 = \frac{35}{100} \cdot \frac{1000}{10.5^2} = 3.17. \quad (2.13)$$

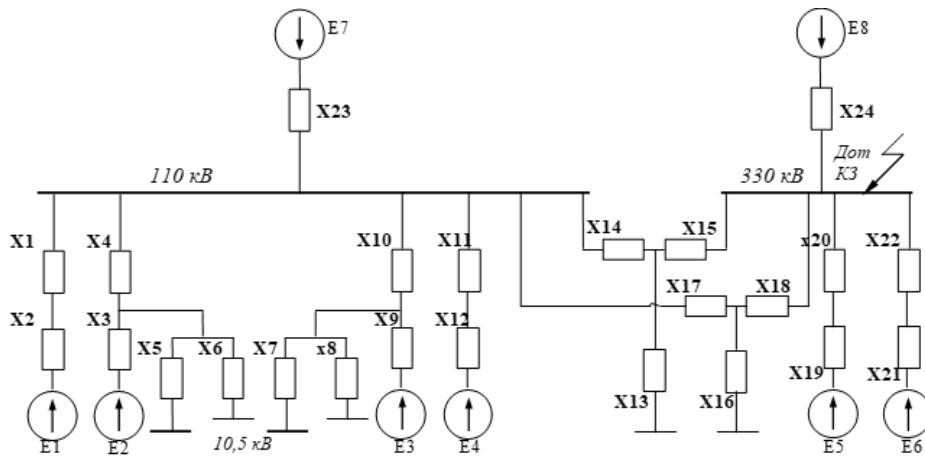


Рисунок 2.1 Електросхема

Спростимо схему заміщення.

$$x_{25} = x_1 + x_2 = 1.313 + 1.94 = 3.253;$$

$$x_{26} = x_{11} + x_{12} = 0.263 + 0.49 = 0.753;$$

$$x_{27} = x_{19} + x_{20} = 0.49 + 0.263 = 0.753;$$

$$x_{28} = x_{21} + x_{22} = 0.49 + 0.275 = 0.765;$$

$$x_{29} = \frac{x_5 \cdot x_6}{x_5 + x_6} = \frac{3.17 \cdot 3.17}{3.17 + 3.17} = 1.585;$$

$$x_{30} = \frac{x_7 \cdot x_8}{x_7 + x_8} = \frac{3.17 \cdot 3.17}{3.17 + 3.17} = 1.585;$$

Скористаємося коефіцієнтом розподілу струму:

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$x_{ЭКВ} = \frac{x_3 \cdot x_4}{x_3 + x_4} = \frac{1.536 \cdot 0.84}{1.536 + 0.84} = 0.543; \quad (2.14)$$

$$x_{ПЭЗ} = x_{ЭКВ} + x_{29} = 0.543 + 1.585 = 2.128; \quad (2.15)$$

$$C_1 = \frac{x_{ЭКВ}}{x_3} = \frac{0.543}{1.536} = 0.354; \quad (2.16)$$

$$C_2 = \frac{x_{ЭКВ}}{x_4} = \frac{0.543}{0.84} = 0.646; \quad (2.17)$$

$$\text{Проверка: } C_1 + C_2 = 1;$$

$$x_{31} = \frac{x_{ПЭЗ}}{C_1} = \frac{2.128}{0.354} = 6.011;$$

$$x_{32} = \frac{x_{ПЭЗ}}{C_2} = \frac{2.128}{0.646} = 3.294;$$

$$x_{33} = x_{31} + x_{32} = 6.011 + 3.294 = 9.305.$$

Зробіть те ж саме з E_3'' , що те ж саме, що і E_2'' тому запишемо значення відразу:

$$x_{34} = x_{31} = 6.011;$$

$$x_{35} = x_{32} = 3.294;$$

$$x_{36} = x_{34} + x_{35} = 6.011 + 3.294 = 9.305.$$

Замінімо гілки E_2'', x_{33} і E_3'', x_{36} в гілку E_9'', x_{37} :

$$x_{37} = \frac{x_{33} \cdot x_{36}}{x_{33} + x_{36}} = \frac{9.305 \cdot 9.305}{9.305 + 9.305} = 4.653; \quad (2.18)$$

$$E_9'' = E_2'' = E_3'' = 1.1.$$

В автотрансформаторах напруги середньої напруги дорівнюють нулю, а низьковольтними напругами можна знехтувати, тому існують опори високої напруги, які паралельні один одному:

$$x_{38} = \frac{x_{15} \cdot x_{18}}{x_{15} + x_{18}} = \frac{0.54 \cdot 0.54}{0.54 + 0.54} = 0.27. \quad (2.19)$$

Замінімо гілки E_5'', x_{27} і E_6'', x_{28} в гілку E_{10}'', x_{39} :

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$x_{39} = \frac{x_{27} \cdot x_{28}}{x_{27} + x_{28}} = \frac{0.753 \cdot 0.765}{0.753 + 0.765} = 0.379; \quad (2.20)$$

$$E_{10}'' = E_5'' = E_6'' = 1.09.$$

Отримуємо наступну схему:

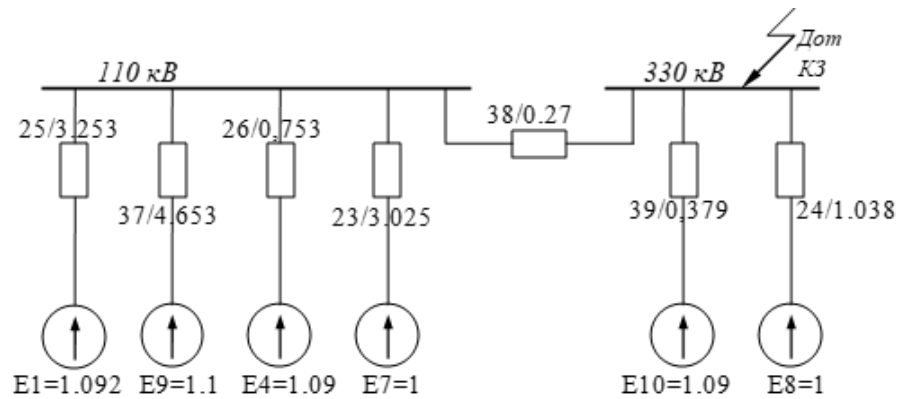


Рисунок 2.2 Отримана схема

Скористаємося коефіцієнтом розподілу струму:

$$x_{3KB} = \frac{x_{39} \cdot x_{24}}{x_{39} + x_{24}} = \frac{0.379 \cdot 1.038}{0.379 + 1.038} = 0.278; \quad (2.21)$$

$$x_{PE3} = x_{3KB} + x_{38} = 0.278 + 0.27 = 0.548; \quad (2.22)$$

$$C_1 = \frac{x_{3KB}}{x_{39}} = \frac{0.278}{0.379} = 0.733; \quad (2.23)$$

$$C_2 = \frac{x_{3KB}}{x_{24}} = \frac{0.278}{1.038} = 0.267; \quad (2.24)$$

$$\text{Проверка: } C_1 + C_2 = 1;$$

$$x_{40} = \frac{x_{PE3}}{C_1} = \frac{0.548}{0.733} = 0.748;$$

$$x_{41} = \frac{x_{PE3}}{C_2} = \frac{0.548}{0.267} = 2.052.$$

Ось остаточна схема:

									Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата					

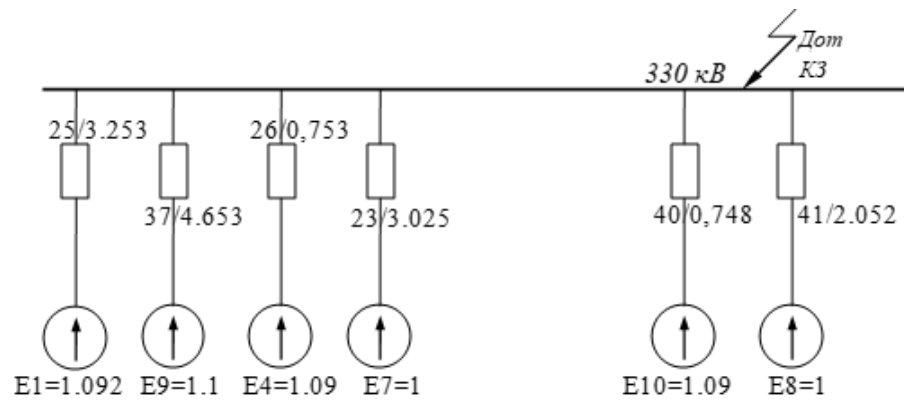


Рисунок 2.3 Остаточна схема

Надперехідні струми трифазного короткого замикання по гілках опорами

X25, X37, X26, X23, X40, X41 в АС визначають за формулою: $I_{*}'' = \frac{E_{*\Sigma}''}{X_{*рез}}$ (2.25)

$$I_{*X25}'' = \frac{E_1''}{x_{25}} = \frac{1.092}{3.253} = 0.336;$$

$$I_{*X37}'' = \frac{E_9''}{x_{37}} = \frac{1.1}{4.653} = 0.236;$$

$$I_{*X26}'' = \frac{E_4''}{x_{26}} = \frac{1.09}{0.753} = 1.448;$$

$$I_{*X23}'' = \frac{E_7''}{x_{23}} = \frac{1}{3.025} = 0.331;$$

$$I_{*X40}'' = \frac{E_{10}''}{x_{40}} = \frac{1.09}{0.748} = 1.457;$$

$$I_{*X41}'' = \frac{E_8''}{x_{41}} = \frac{1}{2.052} = 0.487.$$

Початкове значення періодичної складової трифазного струму короткого замикання в іменованих одиницях:

$$I_{п.о.} = I_{*}'' \cdot I_{\text{б}} \quad (2.26)$$

$$I_{п.о., X25} = 0.336 \cdot 1.7 = 0.571 \text{ кА};$$

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$I_{п.о.,x37} = 4.653 \cdot 1.7 = 0.401 \text{ кА};$$

$$I_{п.о.,x26} = 0.753 \cdot 1.7 = 1.448 \text{ кА};$$

$$I_{п.о.,x23} = 3.025 \cdot 1.7 = 0.563 \text{ кА};$$

$$I_{п.о.,x40} = 0.748 \cdot 1.7 = 2.477 \text{ кА};$$

$$I_{п.о.,x41} = 2.052 \cdot 1.7 = 0.828 \text{ кА};$$

$$I_{п.о.,\Sigma} = 0.571 + 0.401 + 1.448 + 0.563 + 2.477 + 0.828 = 7.302 \text{ кА}. \quad (2.27)$$

Ударний струм

Ударні коефіцієнти k_y визначаються за формулою :

$$k_{y,17} = 1.9 ; k_{y,42} = 1.87 ; k_{y,39} = 1.85 ; k_{y,41} = 1.85 ; k_{y,40} = 1.8 ;$$

$$i_{y,17} = 1.9 \cdot \sqrt{2} \cdot 38.68 = 103.93 \text{ Ка};$$

$$i_{y,42} = 1.87 \cdot \sqrt{2} \cdot 15.59 = 41.23 \text{ Ка};$$

$$i_{y,39} = 1.85 \cdot \sqrt{2} \cdot 7.71 = 20.17 \text{ Ка};$$

$$i_{y,41} = 1.85 \cdot \sqrt{2} \cdot 6.78 = 17.74 \text{ Ка};$$

$$i_{y,40} = 1.8 \cdot \sqrt{2} \cdot 3.04 = 7.74 \text{ Ка};$$

$$i_{y,\Sigma} = 103.93 + 41.23 + 20.17 + 17.74 + 7.74 = 190.81 \text{ Ка}; \quad (2.28)$$

2.4 Підбір електроприладів

2.5 Вибір перемикача

Безперервні розрахункові струми визначаються як

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cos(\varphi_{ном})} ; \quad (2.29)$$

$$I_{мех} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot 0.95 \cdot \cos(\varphi_{ном})} \quad (2.30)$$

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

де $P_{\text{ном}}$; $U_{\text{ном}}$; $\cos(\varphi_{\text{ном}})$ - номінальні параметри джерела (генератор або трансформатор)

$$I_{\text{ном}} = \frac{S \cdot \cos(\varphi_{\text{ном}})}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cos(\varphi_{\text{ном}})} ; \quad I_{\text{ном}} = \frac{117500}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 6,46 \text{ Ка;}$$

$$I_{\text{мах}} = \frac{S \cdot \cos(\varphi_{\text{ном}})}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot 0,95 \cdot \cos(\varphi_{\text{ном}})} ; \quad I_{\text{мах}} = \frac{117500}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,95} = 6,8 \text{ Ка;}$$

За довідником [3] вибираємо маломасляний автоматичний вимикач типу МГУ-20-90/9500 с

параметри: $U_{\text{ном}}=20 \text{ кВ}$; $I_{\text{ном}}=9500\text{А}$; $I_{\text{отк,ном}}=90 \text{ кА}$; $i_{\text{дин}}=300 \text{ кА}$; $I_{\text{дин}}=105\text{А}$; $I_{\text{тер}}=87 \text{ кА}$; $t_{\text{тер}}=4\text{С}$; $t_{\text{с.в}}=0,15 \text{ с}$; $\beta=20\%$.

Визначте аперіодичну складову струму короткого замикання в момент розбіжності контактів, при

$$I_{\text{н.0,}\Sigma} = 71,8 \text{ кА:}$$

Тривалість релейного захисту $t_{\text{з,мин}} = 0,01\text{с}$;

$$\tau = t_{\text{з,мин}} + t_{\text{с.в}} \quad (2.31)$$

$$\tau = 0,01 + 0,15 = 0,16 \text{ с}$$

τ - найкоротший час від початку короткого замикання до моменту розбіжності дугогасних контактів.

$$T_a(X17) = -\frac{0,01}{\ln(k_y - 1)} = -\frac{0,01}{\ln(1,9 - 1)} = 0,0949$$

$$T_a(X39) = -\frac{0,01}{\ln(k_y - 1)} = -\frac{0,01}{\ln(1,85 - 1)} = 0,0615$$

$$T_a(X40) = -\frac{0,01}{\ln(k_y - 1)} = -\frac{0,01}{\ln(1,8 - 1)} = 0,0448$$

$$T_a(X41) = -\frac{0,01}{\ln(k_y - 1)} = -\frac{0,01}{\ln(1,85 - 1)} = 0,0615$$

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$T_a(X42) = -\frac{0,01}{\ln(k_y - 1)} = -\frac{0,01}{\ln(1,87 - 1)} = 0,0718$$

$$i_{a,\tau}(X17) = \sqrt{2} \cdot I_{n,0} e^{-\frac{\tau}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 38,68 \cdot e^{-\frac{0,16}{0,0949}} = 10,13 \text{ кА.}$$

$$i_{a,\tau}(X39) = \sqrt{2} \cdot I_{n,0} e^{-\frac{\tau}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 7,71 \cdot e^{-\frac{0,16}{0,0615}} = 0,81 \text{ кА}$$

$$i_{a,\tau}(X40) = \sqrt{2} \cdot I_{n,0} e^{-\frac{\tau}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 3,04 \cdot e^{-\frac{0,16}{0,0448}} = 0,12 \text{ кА}$$

$$i_{a,\tau}(X41) = \sqrt{2} \cdot I_{n,0} e^{-\frac{\tau}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 6,78 \cdot e^{-\frac{0,16}{0,0615}} = 0,71 \text{ кА}$$

$$i_{a,\tau}(X42) = \sqrt{2} \cdot I_{n,0} e^{-\frac{\tau}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 6,78 \cdot e^{-\frac{0,16}{0,0718}} = 2,37 \text{ кА}$$

$$i_{a,\tau\Sigma} = 14,15 \text{ кА}$$

Аперіодична складова струму короткого замикання в момент розбіжності контактів (див. рис. 1 вище). 2.8.):

Періодична складова струму короткого замикання в момент часу $\tau = 0,16$ с. Визначимо його як сумарне значення струмів окремих груп генераторів (див. рис. 8,)

$$I'_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ср.н.}} \cdot \cos(\varphi_{\text{НОМ}})} = \frac{S_{\text{НОМ}} \cdot \cos(\varphi_{\text{НОМ}})}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ср.н.}} \cdot \cos(\varphi_{\text{НОМ}})} \quad (2.32)$$

$$I'_{\text{НОМ},X42} = \frac{117,5}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 6,46 \text{ кА ;}$$

$$I'_{\text{НОМ},X41} = \frac{235,2}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 12,93 \text{ кА ;}$$

$$I'_{\text{НОМ},X40} = \frac{75}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 4,12 \text{ кА ;}$$

$$I'_{\text{НОМ},X39} = \frac{40 + 40 + 40}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 6,6 \text{ кА ;}$$

$$I'_{\text{НОМ},X17} = \frac{117,5}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 6,46 \text{ кА ;}$$

Визначимо кратності:

$$\frac{I_{\text{п.о.},X42}}{I_{\text{НОМ},X42}} = \frac{15,59}{6,46} = 2,41$$

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$\frac{I_{н.о.,X41}}{I_{ном.,X41}} = \frac{6,78}{12,93} = 0,52$$

$$\frac{I_{н.о.,X40}}{I_{ном.,X40}} = \frac{3,04}{4,12} = 0,74$$

$$\frac{I_{н.о.,X39}}{I_{ном.,X39}} = \frac{7,71}{6,6} = 1,17$$

$$\frac{I_{н.о.,X17}}{I_{ном.,X17}} = \frac{38,68}{6,46} = 6$$

За допомогою значень $\frac{I_{н.о.}}{I_{ном.}} < 1$ співвідношень ми можемо обчислити $I_{н,t,\Gamma} =$

$I_{н,0,\Gamma} = \text{const}$ - (тобто віддалена точка), в іншому випадку ми можемо визначити по

[1] за допомогою графіка $\frac{I_{н.г.}}{I_{н.о.}}$

То

$$\frac{I_{н.г.X42.}}{I_{н.о.X42.}} = 0,9 ; \quad \frac{I_{н.г.X39}}{I_{н.о.X39}} = 0,97 ; \quad \frac{I_{н.г.X17}}{I_{н.о.X17}} = 0,7 ;$$

$$I_{н,t,X42} = 0,9 \cdot 15,59 = 14,03 \text{ кА} ;$$

$$I_{н,t,X39} = 0,97 \cdot 7,71 = 7,48 \text{ кА} ;$$

$$I_{н,t,X17} = 0,7 \cdot 38,68 = 27,08 \text{ кА} ;$$

$$I_{н,t,X40} = 3,04 \text{ кА} ;$$

$$I_{н,t,X41} = 6,78 \text{ кА} ;$$

$$I_{н,t,\Sigma} = 14,03 + 7,48 + 27,08 + 6,78 + 3,04 = 58,41 \text{ кА} ; \quad (2.33)$$

$$I_{н,t,\Sigma} = 58,41 < I_{отк.ном} = 90, \text{ кА}$$

Перевіряємо можливість відключення аперіодичної складової струму короткого замикання:

$$i_{a,\tau} \leq i_{a,ном}$$

$$i_{a,ном} = \sqrt{2} \cdot \beta_H \cdot \frac{I_{отк.ном}}{100} = \sqrt{2} \cdot 20 \cdot \frac{90}{100} = 25,45 \text{ кА} \quad (2.34)$$

$$i_{a,\tau\Sigma} = 14,15 < i_{a,ном} = 25,45 \text{ , кА}$$

Отже, перевіряємо відключну здатність при повному струмі замикання:

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$(\sqrt{2} \cdot I_{n,\tau} + i_{a,\tau}) \leq \sqrt{2} \cdot I_{отк.,ном} \left(1 + \frac{\beta_H}{100}\right)$$

$$(\sqrt{2} \cdot I_{n,\tau} + i_{a,\tau}) = \sqrt{2} \cdot 58,41 + 20,5 = 103,1 \text{ кА}$$

$$\sqrt{2} \cdot I_{отк.,ном} \left(1 + \frac{\beta_H}{100}\right) = \sqrt{2} \cdot 90 \cdot \left(1 + \frac{20}{100}\right) = 152,7 \text{ кА}$$

$$(\sqrt{2} \cdot I_{n,\tau} + i_{a,\tau}) = 103,1 < \sqrt{2} \cdot I_{отк.,ном} \left(1 + \frac{\beta_H}{100}\right) = 152,7 \text{ кА}$$

Перевіряємо автоматичний вимикач на електродинамічний опір граничним струмам короткого замикання:

$$I_{n,0} \leq I_{дин.} ; i_y \leq i_{дин.}$$

$$I_{n,0\Sigma} = 71,8 < I_{дин.} = 105 , \text{ кА}$$

$$i_y = 190,81 < i_{дин.} = 300 , \text{ кА}$$

2.6 Тепловий імпульс короткого замикання квадратичного струму

Термічний опір автоматичного вимикача перевіряють тепловим імпульсом струму короткого замикання

$$B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$$

Імпульс квадратичного струму короткого замикання для дистанційного короткого замикання

$$B_k = B_{к.п} = I_{п,0}^2 \cdot t_{отк} = 71,8 \cdot 71,8 \cdot 0,16 = 824,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \quad (2.35)$$

$$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 87 \cdot 87 \cdot 4 = 30276 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \quad (2.36)$$

$$B_k = 824,8 < I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 30276 , \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

2.7 Вибір роз'єднувача

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

За довідником вибираємо роз'єднувач типу РВР-20 з наступними параметрами:

$$U_{ном}=20 \text{ кВ}; I_{ном}=8000 \text{ А}; i_{длн}=300 \text{ кА}; I_{тер}=112 \text{ кА}; t_{тер}=4 \text{ розд.}$$

Результати вибору вимикача і роз'єднувача зведені в таблицю 6.

$$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 112 \cdot 112 \cdot 4 = 50176 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \quad (2.37)$$

Таблиця 2.1 Вибір роз'єднувача

Орієнтовні дані	Дані вимикача МГУ-20-90/9500	Дані роз'єднувача РВР-20
$U_{уст}=10,5 \text{ кВ};$	$U_{ном}=20 \text{ кВ};$	$U_{ном}=20 \text{ кВ};$
$I_{мск}=6800 \text{ А};$	$I_{ном}=9500 \text{ А};$	$I_{ном}=8000 \text{ А};$
$I_{н,з}=58,41 \text{ кА};$	$I_{отк,ном}=90 \text{ кА};$	<>
$i_{а,з}=20,5 \text{ кА};$	$i_{а,ном} = \sqrt{2} \cdot \beta_n \cdot \frac{I_{отк,ном}}{100} =$ $= \sqrt{2} \cdot 0,2 \cdot 90 = 25,45 \text{ кА};$	<>
$\sqrt{2}I_{н,з} + i_{а,з} =$ $= \sqrt{2} \cdot 58,41$ $+ 20,5 = 103,1 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot I_{отк,ном} \left(1 + \frac{\beta_n}{100}\right) =$ $\sqrt{2} \cdot 90 \cdot (1 + 0,2) = 152,7 \text{ кА};$	<>
$I_{н,0}=71,8 \text{ кА};$	$I_{длн}=105 \text{ кА};$	-
$i_y=190,1 \text{ кА};$	$i_{длн}=300 \text{ кА};$	$i_{длн}=300 \text{ кА};$
$B_k=824,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 87 \cdot 87 \cdot 4 = 30276$ $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 112 \cdot 112 \cdot 4 = 50176$ $\text{кА}^2 \cdot \text{с};$

Примітка: - оскільки роз'єднувач перемикає тільки знеструмлені ланцюги, вони не перевіряються на спрацювання.

2.8 Підбір вимірювальних трансформаторів струму

За довідником вибираємо трансформатор струму ТШ-20-УХЛЗ для внутрішньої установки з наступними параметрами: $U_{ном}=20 \text{ кВ}; I_{ном}=8000 \text{ А}; I_{н,з}=5 \text{ А}; I_{н,0}=160 \text{ кА}; i_y=45 \text{ кА};$

Трансформатор струму ТШ-20-УХЛЗ задовольняє умовам вибору для:

$$I_{ном} = 8000 \text{ А};$$

2.9 Підбір трансформаторів напруги приладів

За довідником вибираємо трифазний вимірювальний трансформатор ЗНОМ-15-63У2 (Т2) з параметрами $U_n = 15 \text{ кВ}$; $I_n = 100/100/3 \text{ с.х.}$

Примітка: у зв'язку з неможливістю підбору вимірювальних приладів (тобто навантажень для вимірювальних трансформаторів) в рамках цього випробування ми не перевіряємо трансформатори приладів за вторинним навантаженням.

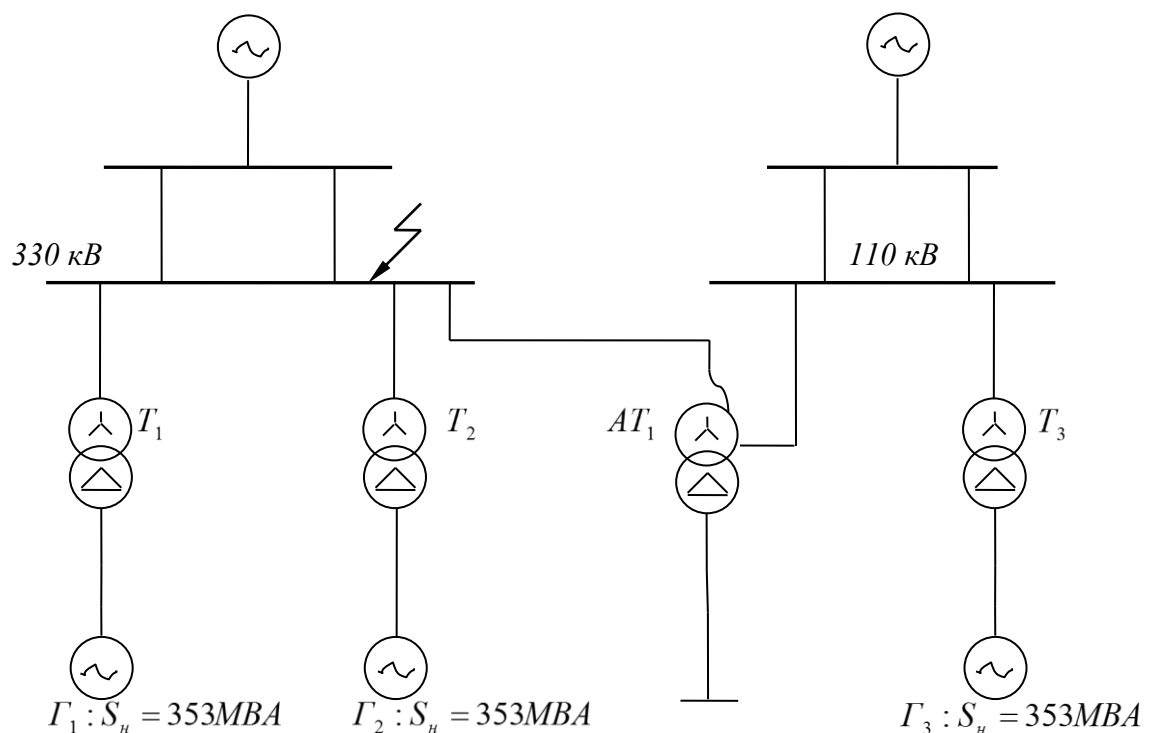


Рисунок 2.4 Схеми вихідної мережі

Параметри елементів діаграми:

Генератори:

						Арк
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$Г1 - S_{\kappa} = 353 \text{ МВА}; X_d'' = 0.173; \cos(\varphi) = 0.85;$$

$$Г2 - S_{\kappa} = 353 \text{ МВА}; X_d'' = 0.173; \cos(\varphi) = 0.85;$$

$$Г3 - S_{\kappa} = 353 \text{ МВА}; X_d'' = 0.173; \cos(\varphi) = 0.85.$$

Трансформатори:

$$Т1 - S_{\kappa} = 400 \text{ МВА}; u_{\kappa} \% = 11.5 \%;$$

$$Т2 - S_{\kappa} = 400 \text{ МВА}; u_{\kappa} \% = 11.5 \%;$$

$$Т3 - S_{\kappa} = 400 \text{ МВА}; u_{\kappa} \% = 10.5 \%.$$

Автотрансформатор:

$$АТ1 - u_{\kappa B-H} = 38 \%; u_{\kappa B-C} = 10.5 \%; u_{\kappa C-H} = 25 \%.$$

Леп:

$$ОРУ - 110 \text{ кВ}; l_1 = 100 \text{ км};$$

$$ОРУ - 330 \text{ кВ}; l_2 = 300 \text{ км}.$$

Визначимо параметри елементів цієї схеми заміщення при (тобто середню номінальну напругу каскаду напруги, де обрана точка короткого замикання), тоді:

$$I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 340} = 1.7 \text{ кА}. \quad (2.38)$$

Перерахуємо ЕРС генераторів у відносних одиницях за формулою:

$$E_*'' = U_* + I_* \cdot x_d'' \cdot \sin(\varphi) \quad (2.39)$$

$$\text{Генератор Г1: } E_1'' = 1 + 1 \cdot 0.173 \cdot 0.526 = 1.09;$$

$$\text{Генератор Г2: } E_2'' = 1 + 1 \cdot 0.173 \cdot 0.526 = 1.09;$$

$$\text{Генератор Г3: } E_3'' = 1 + 1 \cdot 0.173 \cdot 0.526 = 1.09.$$

Перерахуємо опори генераторів у відносних одиницях за формулою:

Перерахуємо опори трансформаторів у відносних одиницях за формулою:

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$x_* = x_d'' \cdot \frac{S_6}{S_H} \quad (2.40)$$

$$\text{Генератор Г1: } x_1 = 0.173 \cdot \frac{1000}{353} = 0.49;$$

$$\text{Генератор Г2: } x_4 = 0.173 \cdot \frac{1000}{353} = 0.49;$$

$$\text{Генератор Г3: } x_{10} = 0.173 \cdot \frac{1000}{353} = 0.49.$$

Перерахуємо опір автотрансформатора у відносних одиницях за формулою:

$$x_* = \frac{u_k \%}{100} \cdot \frac{S_6}{S_H} \quad (2.41)$$

$$\text{Трансформатор Т1: } x_2 = \frac{11.5}{100} \cdot \frac{1000}{400} = 0.288;$$

$$\text{Трансформатор Т2: } x_3 = \frac{11.5}{100} \cdot \frac{1000}{400} = 0.288;$$

$$\text{Трансформатор Т3: } x_{11} = \frac{10.5}{100} \cdot \frac{1000}{400} = 0.263.$$

АТ-1:

$$U_{KB} = 0.5 \cdot (10.5 + 38 - 25) = 11.75\%; \rightarrow x_7 = \frac{11.75}{100} \cdot \frac{1000}{200} = 0.588;$$

$$U_{KC} = 0.5 \cdot (10.5 + 25 - 38) = -1.25\%; \rightarrow x_8 = \frac{-1.25}{100} \cdot \frac{1000}{200} = 0;$$

$$U_{KH} = 0.5 \cdot (38 + 25 - 10.5) = 26.25\%; \rightarrow x_9 = \frac{26.25}{100} \cdot \frac{1000}{200} = 1.313.$$

Перерахуємо опір ліній електропередач у відносних одиницях за формулою:

$$x_* = x_{уд} \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{ср.н}^2} \quad (2.42)$$

$$x_{уд} = 0.4 \frac{\text{Ом}}{\text{км}} - \text{удільний опір 1 км повітряної лінії}$$

Розподільчий пристрій 110 кВ на відкритому повітрі:

$$l_1 = 100 \text{ км};$$

						Арк
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$U_{\text{ср.н}} = 115 \text{ кВ}$ – середньономінальна напруга для даної ступені згідно зі
стандаотною шкалою

$$x_{12} = x_{13} = x_{\text{уд}} \cdot l_1 \cdot \frac{S_6}{U_{\text{ср.н}}^2} = 0.4 \cdot 100 \cdot \frac{1000}{115^2} = 3.025; \quad (2.43)$$

Розподільчий пристрій 330 кВ:

$$l_2 = 300 \text{ км};$$

$U_{\text{ср.н}} = 340 \text{ кВ}$ – середньономінальна напруга для даної ступені згідно зі
стандаотною шкалою

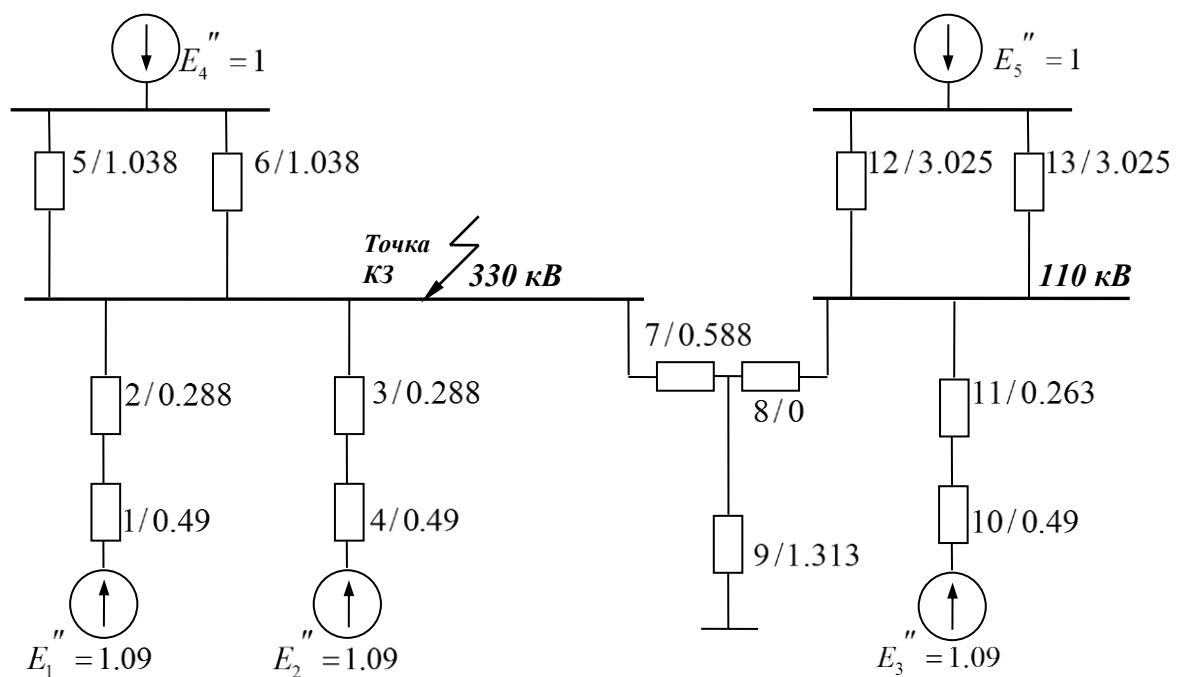


Рисунок 2.5 Схема заміщення

Спростимо схему заміщення.

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$x_{13} = x_1 + x_2 = 0.49 + 0.288 = 0.778;$$

$$x_{14} = x_3 + x_4 = 0.288 + 0.49 = 0.778;$$

$$x_{15} = x_{10} + x_{11} = 0.49 + 0.263 = 0.753;$$

$$x_{16} = \frac{x_5 \cdot x_6}{x_5 + x_6} = \frac{1.038 \cdot 1.038}{1.038 + 1.038} = 0.519;$$

$$x_{17} = \frac{x_{12} \cdot x_{13}}{x_{12} + x_{13}} = \frac{3.025 \cdot 3.025}{3.025 + 3.025} = 1.513.$$

Замінімо гілки E_1'' , x_{13} і E_2'' , x_{14} в гілку E_6'' , x_{18} :

$$x_{18} = \frac{x_{13} \cdot x_{14}}{x_{13} + x_{14}} = \frac{0.778 \cdot 0.778}{0.778 + 0.778} = 0.389;$$

$$E_6'' = E_1'' = E_2'' = 1.09.$$

В автотрансформаторі опір середньої напруги дорівнює нулю, а опором низької напруги можна знехтувати, тому опір високої напруги залишається.

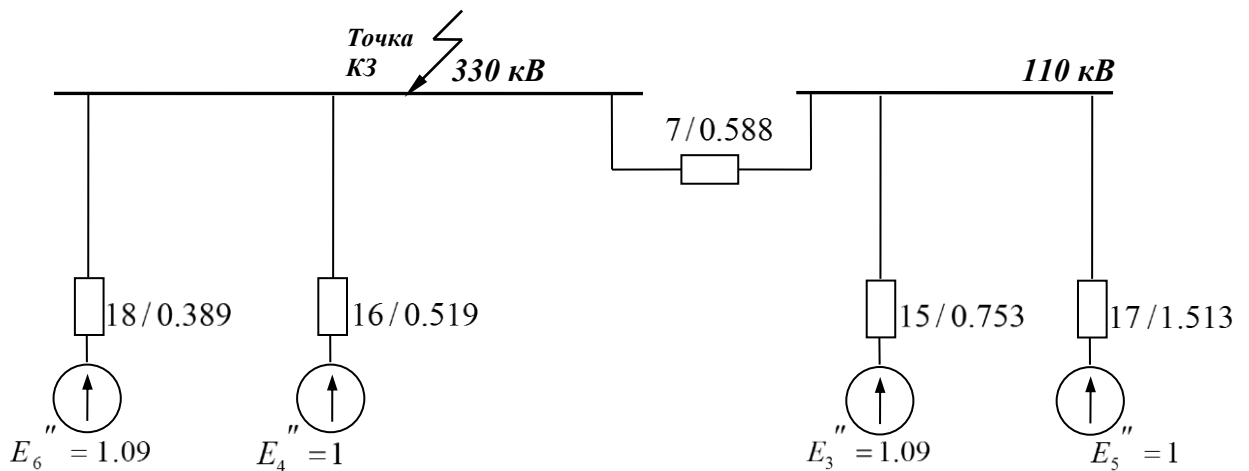


Рисунок 2.6 Спрощена схема заміщення

Скористаємося коефіцієнтом розподілу струму:

$$x_{\text{ЭКВ}} = \frac{x_{15} \cdot x_{17}}{x_{15} + x_{17}} = \frac{0.753 \cdot 1.513}{0.753 + 1.513} = 0.503; \quad (2.50)$$

$$x_{\text{PEЗ}} = x_{\text{ЭКВ}} + x_7 = 0.503 + 1.588 = 2.091; \quad (2.51)$$

$$C_1 = \frac{x_{\text{ЭКВ}}}{x_{15}} = \frac{0.503}{0.753} = 0.668; \quad (2.52)$$

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$C_2 = \frac{x_{\mathcal{E}KB}}{x_{17}} = \frac{0.503}{1.513} = 0.332; \quad (2.53)$$

$$x_{19} = \frac{x_{PE3}}{C_1} = \frac{2.091}{0.668} = 3.13; \quad (2.54)$$

$$x_{20} = \frac{x_{PE3}}{C_2} = \frac{2.091}{0.332} = 6.298. \quad (2.55)$$

Отримуємо наступну схему:

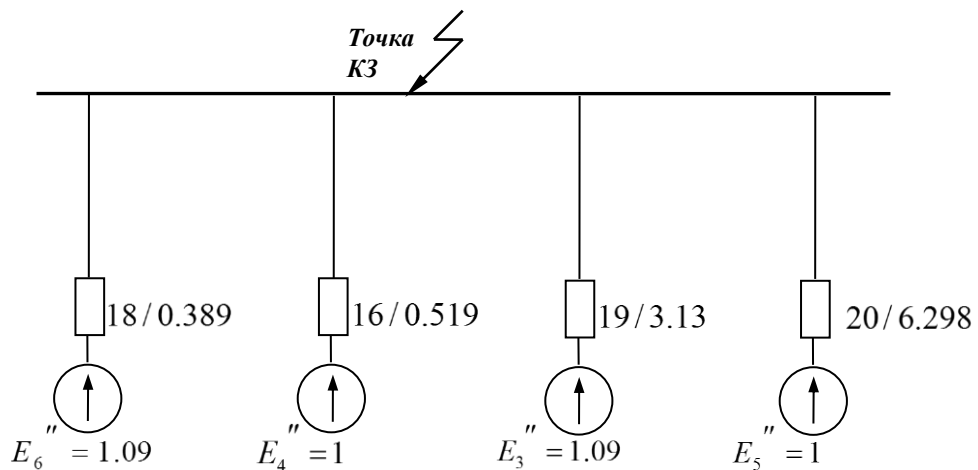


Рис. 2.7 Спрощена схема заміщення(2)

Надперехідні струми трифазного короткого замикання на гілках з опорами X18, X16, X19, X20

в АС визначають за формулою:

$$I_*'' = \frac{E_{*\Sigma}''}{X_{*pes}}$$

$$I_{*X18}'' = \frac{E_6''}{x_{18}} = \frac{1.09}{0.389} = 2.802;$$

$$I_{*X16}'' = \frac{E_4''}{x_{16}} = \frac{1}{0.519} = 1.927;$$

$$I_{*X19}'' = \frac{E_3''}{x_{19}} = \frac{1.09}{3.13} = 0.348;$$

$$I_{*X20}'' = \frac{E_3''}{x_{20}} = \frac{1}{6.298} = 0.159.$$

(2.56)

Початкове значення періодичної складової трифазного струму короткого замикання в іменованих одиницях:

$$I_{п.о.} = I_*'' \cdot I_6 \quad (2.57)$$

$$I_{п.о.,X18} = 2.802 \cdot 1.7 = 4.763 \text{ кА};$$

$$I_{п.о.,X16} = 1.927 \cdot 1.7 = 3.276 \text{ кА};$$

$$I_{п.о.,X19} = 0.348 \cdot 1.7 = 0.592 \text{ кА};$$

$$I_{п.о.,X20} = 0.159 \cdot 1.7 = 0.27 \text{ кА}.$$

$$I_{п.о.,\Sigma} = 4.763 + 3.276 + 0.592 + 0.27 = 8.901 \text{ кА}. \quad (2.58)$$

Підбір електроприладів

Вибір перемикача:

Безперервні розрахункові струми визначаються:

$$I_{норм} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cos(\varphi_{ном})}; \quad (2.59)$$

$$I_{max} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot 0.95 \cdot \cos(\varphi_{ном})} \quad (2.60)$$

где $P_{ном}$; $U_{ном}$; $\cos(\varphi_{ном})$ - номінальні параметри джерела(генератора або трансформатора)

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$I_{\text{норм}} = \frac{S \cdot \cos(\varphi_{\text{ном}})}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cos(\varphi_{\text{ном}})} = \frac{400000}{\sqrt{3} \cdot 330} = 0.7 \text{ кА}; \quad (2.61)$$

$$I_{\text{max}} = \frac{S \cdot \cos(\varphi_{\text{ном}})}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot 0.95 \cdot \cos(\varphi_{\text{ном}})} = \frac{400000}{\sqrt{3} \cdot 330 \cdot 0.95} = 0.74 \text{ кА}. \quad (2.62)$$

Таблиця 2.2 Параметри вимикача ВВБ-330-35, 5-2000 У1

Тип вимикача	Номінальна напруга, кВ	Номінальний струм, А	Номінальний струм спрацювання, кА	Через обмеження струму		Межа струму термічного опору/час потоку, кА/с	Час запуску, с	Час відключення, с	Рідний час вимкнення, с	Диск
				Ефективна вартість	Амплітуда					
ВВБ-330-35, 5-2000У1	330	2000	35.3	35.5	90	35.5/3	0.25	0.08	0.06	СРНК

Визначити аперіодичну складову струму короткого замикання в момент розбіжності контактів, при

$$I_{n,0,\Sigma} = 8.901 \text{ кА}:$$

$$t_{z,\text{мин}} = 0.01 \text{ с} - \text{Тривалість дії релейного захисту}$$

$$\tau = t_{z,\text{мин}} + t_{c,\text{в}} = 0.01 + 0.06 = 0.07 \text{ с};$$

τ - найкоротший час від початку короткого замикання до моменту розбіжності дугогасних контактів.

$$\kappa_y = \left(1 + e^{-\frac{0.01}{T_a}} \right);$$

$$\kappa_y - 1 = e^{-\frac{0.01}{T_a}};$$

$$\ln(\kappa_y - 1) = -\frac{0.01}{T_a} \Rightarrow T_a = -\frac{0.01}{\ln(\kappa_y - 1)}.$$

$$T_a(X18) = -\frac{0.01}{\ln(k_y - 1)} = -\frac{0.01}{\ln(1.9 - 1)} = 0.0949;$$

$$T_a(X16) = -\frac{0.01}{\ln(k_y - 1)} = -\frac{0.01}{\ln(1.9 - 1)} = 0.0949;$$

$$T_a(X19) = -\frac{0.01}{\ln(k_y - 1)} = -\frac{0.01}{\ln(1.8 - 1)} = 0.0448;$$

$$T_a(X20) = -\frac{0.01}{\ln(k_y - 1)} = -\frac{0.01}{\ln(1.8 - 1)} = 0.0448. \quad (2.66)$$

$$i_{a,\tau}(X18) = \sqrt{2} \cdot I_{n,0} e^{-\frac{\tau}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 4.763 \cdot e^{\frac{0.07}{0.0949}} = 3.221 \text{ кА};$$

$$i_{a,\tau}(X16) = \sqrt{2} \cdot I_{n,0} e^{-\frac{\tau}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 3.276 \cdot e^{\frac{0.07}{0.0949}} = 2.216 \text{ кА};$$

$$i_{a,\tau}(X19) = \sqrt{2} \cdot I_{n,0} e^{-\frac{\tau}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 0.592 \cdot e^{\frac{0.07}{0.0448}} = 0.175 \text{ кА};$$

$$i_{a,\tau}(X20) = \sqrt{2} \cdot I_{n,0} e^{-\frac{\tau}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 0.27 \cdot e^{\frac{0.07}{0.0448}} = 0.08 \text{ кА};$$

$$i_{a,\tau \Sigma} = 3.221 + 2.216 + 0.175 + 0.08 = 5.692 \text{ кА}.$$

Періодична складова струму короткого замикання в момент часу
Визначимо її як суму струмів окремих груп генераторів:

$$I'_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ср.н.}} \cdot \cos(\varphi_{\text{ном}})} = \frac{S_{\text{ном}} \cdot \cos(\varphi_{\text{ном}})}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ср.н.}} \cdot \cos(\varphi_{\text{ном}})}$$

$$I'_{\text{ном},X18} \frac{r_1+r_2}{\sqrt{3} \cdot 340} = \frac{353 + 353}{\sqrt{3} \cdot 340} = 1.2 \text{ кА};$$

$$I'_{\text{ном},X19} \frac{r_3}{\sqrt{3} \cdot 340} = \frac{353}{\sqrt{3} \cdot 340} = 0.6 \text{ кА};$$

Визначимо кратності:

$$\frac{I_{\text{п.о.},X18}}{I'_{\text{ном},X18}} = \frac{4.763}{1.2} = 3.97;$$

$$\frac{I_{\text{п.о.},X19}}{I'_{\text{ном},X19}} = \frac{0.592}{0.6} = 0.98;$$

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Зі значеннями $\frac{I_{n,0}}{I'_{ном.}} < 1$, можна рахувати $I_{n,t,\Gamma} = I_{n,0,\Gamma} = \text{const}$ - (віддалена точка), інакше случае

по [7] можемо визначити за допомогою графіка $\frac{I_{n,\tau}}{I_{n,0.}}$

$$\frac{I_{n,tX18}}{I_{n,0.X418}} = 0.87; I_{n,t,X18} = 0.87 \cdot 4.763 = 4.144 \text{ кА};$$

$$I_{n,t,\Sigma} = 4.144 + 3.276 + 0.592 + 0.27 = 8.282 \text{ кА}.$$

$$I_{n,t,\Sigma} = 8.282 \text{ кА} < I_{отк.ном} = 35.5 \text{ кА}$$

Перевірте можливість відключення аперіодичної складової струму короткого замикання:

$$i_{a,\tau} \leq i_{a,ном}$$

$$i_{a,ном} = \sqrt{2} \cdot \beta_n \cdot \frac{I_{отк.ном}}{100} = \sqrt{2} \cdot 18 \cdot \frac{35.5}{100} = 9.04 \text{ кА}; \quad (2.73)$$

$$i_{a,\tau \Sigma} = 5.692 \text{ кА} < i_{a,ном} = 9.04 \text{ кА}.$$

Відповідно, перевірку по відключаючій здатності проводиться по повному току КЗ:

$$\left(\sqrt{2} \cdot I_{n,\tau} + i_{a,\tau} \right) \leq \sqrt{2} \cdot I_{отк.,ном} \left(1 + \frac{\beta_n}{100} \right)$$

$$16.57 \text{ кА} \leq 59.24 \text{ кА}.$$

де:

$$\left(\sqrt{2} \cdot I_{n,\tau \Sigma} + i_{a,\tau \Sigma} \right) = \sqrt{2} \cdot 7.692 + 5.692 = 16.57 \text{ кА}; \quad (2.74)$$

$$\sqrt{2} \cdot I_{отк.,ном} \left(1 + \frac{\beta_n}{100} \right) = \sqrt{2} \cdot 35.5 \cdot \left(1 + \frac{18}{100} \right) = 59.24 \text{ кА}; \quad (2.75)$$

Перевірте автоматичний вимикач на електродинамічний опір відповідно до межі струму замикання:

$$I_{n,0} \leq I_{дин.} ; i_y \leq i_{дин.}$$

$$I_{n,0\Sigma} = 8.901 \text{ кА} < I_{дин.} = 35.5 \text{ кА};$$

$$i_y = 23.797 \text{ кА} < i_{дин.} = 90 \text{ кА}.$$

Коротке замикання Квадратний струм загальний імпульс:

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$B_{\kappa} = I_{n,0}^2 \cdot (\tau + T_a);$$

$$B_{\kappa,x18} = I_{n,0}^{x18} \cdot (\tau + T_a) = 4.763^2 \cdot (0.07 + 0.0949) = 3.74 \kappa A^2 \cdot c;$$

$$B_{\kappa,x16} = I_{n,0}^{x16} \cdot (\tau + T_a) = 3.276^2 \cdot (0.07 + 0.0949) = 1.77 \kappa A^2 \cdot c;$$

$$B_{\kappa,x19} = I_{n,0}^{x19} \cdot (\tau + T_a) = 0.592^2 \cdot (0.07 + 0.0488) = 0.042 \kappa A^2 \cdot c;$$

$$B_{\kappa,x20} = I_{n,0}^{x20} \cdot (\tau + T_a) = 0.27^2 \cdot (0.07 + 0.0488) = 0.009 \kappa A^2 \cdot c;$$

$$B_{\kappa,\Sigma} = 3.74 + 1.77 + 0.042 + 0.009 = 5.561 \kappa A^2 \cdot c.$$

Автоматичний вимикач перевіряється на термічний опір тепловим імпульсом:

$$B_{\kappa,\Sigma} \leq I_m^2 \cdot t_m;$$

$$5.561 \kappa A^2 \cdot c \leq (35.5^2 \cdot 3 = 3780.75 \kappa A^2 \cdot c).$$

Вибір роз'єднувача:

Згідно з довідником, вибирають роз'єднувач наступного типу :

Таблиця 2.3 Параметри роз'єднувача

Тип роз'єднувача	Номінальна напруга, кВ	Номінальний струм, А	Амплітуда обмеження струму к.з., кА		Термічний опір/допустимий час, кА/с		Тип приво-ду
			Основні ножі	Ножі для заземлення	Основні ножі	Ножі для заземлення	
РНД	330	3200	160	-	63/2	-	ПДН-1

Орієнтовані дані	Дані вимикача ВВБ-330-35, 5-2000У1	Дані роз'єднувача РНД
$U_{ном} = 330 \kappa B$	$U_{ном} = 330 \kappa B$	$U_{ном} = 330 \kappa B$
$I_{max} = 0.74 \kappa A$	$I_{ном} = 2 \kappa A$	$I_{ном} = 8 \kappa A$
$I_{n,t,\Sigma} = 8.282 \kappa A$	$I_{отк,ном} = 35.5 \kappa A$	-
$i_{a,\tau \Sigma} = 5.692 \kappa A$	$i_{a,ном} = 9.04 \kappa A$	-

$\sqrt{2} \cdot I_{n,\tau} + i_{a,\tau} = \sqrt{2} \cdot 7.692 + 5.692 = 16.57 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot I_{отк,ном} \left(1 + \frac{\beta_n}{100} \right) =$ $= \sqrt{2} \cdot 35.5 \cdot \left(1 + \frac{18}{100} \right) = 59.24 \text{ кА}$	-
$I_{n,0\Sigma} = 8.901 \text{ кА}$	$I_{дин} = 35.5 \text{ кА}$	
$i_{y\Sigma} = 23.93 \text{ кА}$	$i_{дин} = 90 \text{ кА}$	$i_{дин} = 160 \text{ кА}$
$B_{\kappa\Sigma} = 5.561 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_m^2 \cdot t_m = 35.5^2 \cdot 3 = 3780.75 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_m^2 \cdot t_m = 63^2 \cdot 2 = 7938 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Примітка: - Оскільки роз'єднувач вимикає лише знеструмлені ланцюги, вони не перевіряються на розривну здатність.

Для вибору трансформатора скористайтесь довідником:

Таблиця 3.4 Параметри трансформатора

Тип	Номинальна місткість МВА	Напруга, кВ		Втрати, кВт	
		ЗЗОВНІ	NN		
ТДЗ	400	347	15.75, 20	365	810

Також вибираємо автотрансформатор:

Таблиця 2.5 Параметри автотрансформатора

Тип	Потужність, МВА		Напруга, кВ			Втрати, кВт	
	Найменування-у 1999р.	Обмотки НН	ЗЗОВНІ	СН	NN		
АТДСТ N	200	80	330	115	6.6, 11, 38.5	180	600

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

						Арк
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

3. ТЕПЛОМЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок теплової схеми

3.1.1 Вихідні дані для розрахунку

Потужність турбіни $N=250$ МВт, початкові параметри $P_0=23,5$ МПа, $t_0=540/540$ °С, тиск в конденсаторі $P_k=3,5$ кПа, турбоустановка працює в теплофікаційному режимі [15].

3.1.2 Побудова процесу розширення в h_s -діаграмі

Таблиця 3.1 - Тиск пари у відборах турбіни по справочним даним.

Отбор	P, МПа
I	5,77
II	4,07
ПТН	2,2
III	1,7
IV	1,00
V	0,56
VI	0,28
VII	0,199
VIII	0,094
IX	--

Приймаємо втрати в регулюючих клапанах 3%, в перепускних трубах 2%, відносний внутрішній КПД: ЦВД = 0,8; ЦСД = 0,84; ЦНД = 0 [15].

По отриманим даним будуємо процес розширення в h_s -діаграмі:

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		Арк



Визначимо температуру мережевої води на виході з мережевих підігрівачів:

$$t_{CB2} = 70 + 0,55(150 - 70) = 114 \text{ } ^\circ C$$

$$t_{c_{61}} = \frac{t_{c_{62}} - t_{oc}^p}{2} + t_{oc}^p = \frac{114 - 70}{2} + 70 = 92^\circ C. \quad (3.2)$$
$$\begin{aligned} t_{h.cn_1} &= t_{c\theta_1} + \delta t_{cn_1} = 92 + 4 = 96^\circ C, \\ t_{h.cn_2} &= t_{c\theta_2} + \delta t_{cn_2} = 114 + 4 = 118^\circ C, \end{aligned} \quad (3.3)$$

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

де $\delta t_{cn} = 4^{\circ}\text{C}$ - температурний напір СП [15].

Визначаємо тиск насичення пара верхнього та нижнього відбору:

$$\begin{aligned} P_{mn}^{nod} &= f(t_{n.cn_1}) = 0,088 \text{ МПа}, \\ P_{me}^{nod} &= f(t_{n.cn_2}) = 0,186 \text{ МПа}. \end{aligned} \quad (3.4)$$

Знайдемо тиск пари в відборах (втрата тиску в трубопроводі відбору складає 7%):

$$\begin{aligned} P_{mn}^{otb} &= P_{mn}^{nod} (1 + \Delta P) = 0,088 \cdot 1,07 = 0,094 \text{ МПа}, \\ P_{me}^{otb} &= P_{me}^{nod} (1 + \Delta P) = 0,186 \cdot 1,07 = 0,199 \text{ МПа}. \end{aligned} \quad (3.5)$$

Визначаємо витрати мережевої води через СП:

$$G_{cv} = \frac{Q_{om}}{C_p (t_{cv_2} - t_{oc}^p)} = \frac{1362 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3}}{4,19(114 - 70)} = 7388 \text{ м}^3 / \text{ч}. \quad (3.6)$$

Визначимо витрати пари на верхній та нижній МП:

$$G_{mn} = \frac{G_{cv} (t_{cv_1} - t_{oc}) C_p}{(h_{mn} - h'_{mn}) \eta_n} = \frac{7388 \cdot 4,19(92 - 70)}{0,98(2815 - 401,6)} = 287,9 \text{ м}^3 / \text{ч}, \quad (3.7)$$

$$G_{me} = \frac{G_{cv} (t_{cv_2} - t_{cv_1}) C_p}{(h_{me} - h'_{me}) \eta_n} = \frac{7388 \cdot 4,19(114 - 92)}{0,98(2930 - 494)} = 285,3 \text{ м}^3 / \text{ч}, \quad (3.8)$$

де η_n - КПД СП [15].

3.2.1 Складання таблиці стану пари і води в системі регенерації

Уточнюємо тиск у підігрівачах:

$$P_{пj} = P_j - \Delta P, \quad (3.9)$$

де $\Delta P = 6\%$ — втрати тиску в паропроводах відборів [15]

Температура води в підігрівачах:

$$t_B = t_H - \delta t, \quad (3.10)$$

де δt - температурний напір, приймаємо 3°C в ПВД, 2°C в ПНД [15].

Приймаємо тиск води в ПНД 1,5 Мпа, в ПВД:

$$P_e = 1,3 P_0 = 1,3 \cdot 23,5 = 30,55 \text{ МПа}. \quad (3.11)$$

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Коефіцієнт недовиробітку відборів:

$$\begin{aligned} Y_{OTB} &= \frac{h_{om\bar{b}} - h_{\kappa}}{h_0 - h_{\kappa}}, \\ Y_{OTB} &= \frac{h_{om\bar{b}} - h_{\kappa} + \Delta h_{nn}}{h_0 - h_{\kappa} + \Delta h_{nn}}. \end{aligned} \quad (3.12)$$

Таблиця 3.1 - Стану води і пари в системі регенерації.

N п/п	Пар			Вода			Y отб	□ отб
	P, Па	t(x), °C C	h, кДж/кг	tв, °C	Pв, МПа	hв, кДж/кг		
0	23,5	540	3390	-	-	-	-	-
0`	22,8	540	3390	-	-	-	-	-
1	5,77	350	3105	-	-	-	0,76	0,0471
П8	5,42	350	3105	262	30,55	1180	-	-
2	4,07	303	3025	-	-	-	0,69	0,09
П7	3,83	303	3025	244,3	30,55	1065	-	-
3	3,66	540	3625	-	-	-	-	-
4	2,2	470	3460	-	-	-	0,55	0,171
ПТ Н	2,07	470	3460	-	-	-	-	-
5	1,7	438	3380	-	-	-	0,48	0,0514
П6	1,6	438	3380	198,4	30,55	863,4	-	-
6	1,0	370	3270	-	-	-	0,39	0,0147
Д	0,7	370	3270	165	0,7	697,1	-	-
7	0,56	305	3135	-	-	-	0,27	0,034
П5	5,3	305	3135	152	1,5	636,9	-	-
8	0,55	305	3135	-	-	-	-	-
9	0,28	236	2990	-	-	-	0,15	0,01
П4	0,26	236	2990	126,7	1,5	530,9	-	-
10	0,199	205	2930	-	-	-	0,1	0,16
П3	0,187	205	2930	116,6	1,5	488,6	-	-
ПС В	0,186	205	2930	114	2,5	477,7	-	-
11	0,189	205	2930	-	-	-	-	-
12	0,094	145	2815	-	-	-	0	0,005
П2	0,088	145	2815	94,7	1,5	396,8	-	-
ПС Н	0,088	145	2815	92	2,5	385,5	-	-
К	0,003 5	27	2815	-	-	-	-	-

3.2.2 Складання баланса пари і води

Приймаємо потужність розходу пари на турбіну G_T . Тоді підвод свіжої пари до запірних клапанів ЦВД $G_0 = G_T + G_{\text{упл}}^{\text{пр}} = G_T + 1,02G_T = 1,02G_T$. Парове навантаження парогенератора $G_{\text{пе}} = G_0 + G_{\text{ут}} = 1,02G_T + 0,012 \times 1,02G_T = 1,03G_T$. Розхід живильної води $G_{\text{пв}} = G_{\text{пе}} + G_{\text{пр}} = 1,03G_T + 0 = 1,03G_T$. Розхід додаткової води $G_{\text{дод}} = G_{\text{ут}} + G_{\text{пр}}^{\text{'}} + G_{\text{пр}}^{\text{пот}}$.

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

3.2.3 Розрахунок системи ПВД

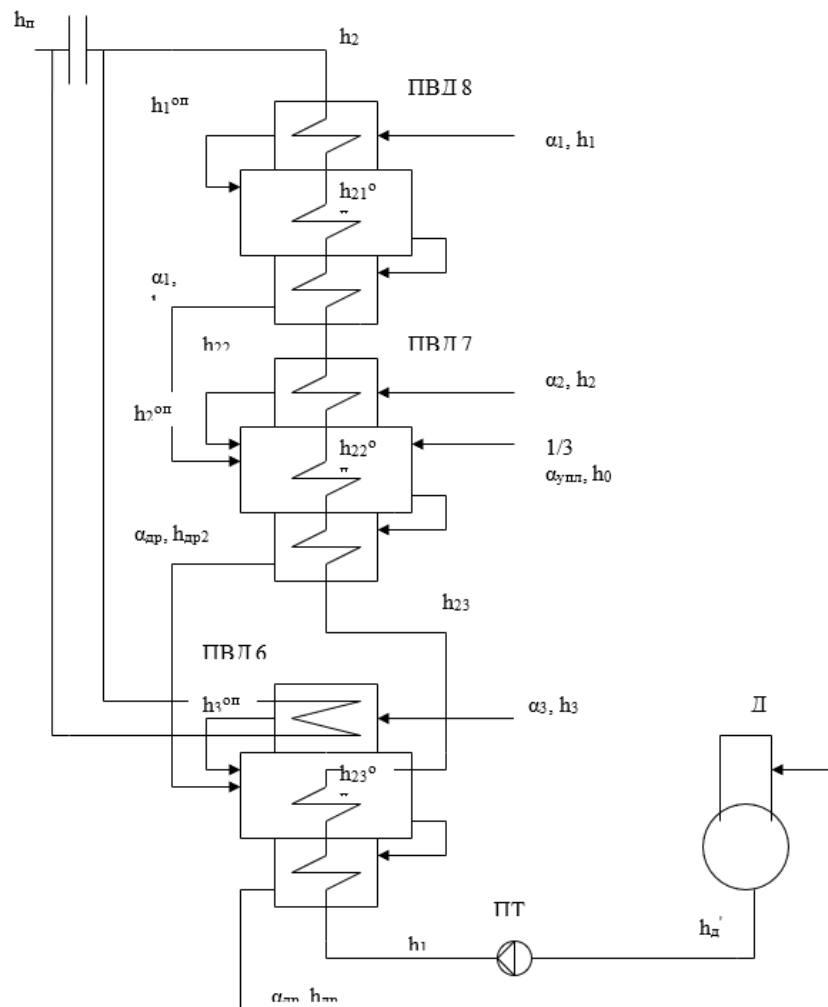


Рисунок 3.2 Система ПВД

3.2.4 Розрахункова схема ПВД (схема Віолен).

З таблиці 2.2 отримуємо:

$$h_1 = 3105 \text{ кДж/кг}$$

$$h_{21}^{оп} = 1158,9 \text{ кДж/кг}$$

$$h_2 = 3025 \text{ кДж/кг}$$

$$h_{22}^{оп} = 1065 \text{ кДж/кг}$$

$$h_3 = 3380 \text{ кДж/кг}$$

$$h_{23}^{оп} = 863,4 \text{ кДж/кг}$$

$$h_j^{\text{оп}} = f(P_{\text{под}j}, t_{\text{н}j} + 25)$$

$$h_1^{\text{оп}} = 2888,1 \text{ кДж/кг}$$

$$h_2^{\text{оп}} = 2877,1 \text{ кДж/кг}$$

$$h_3^{\text{оп}} = 2851 \text{ кДж/кг}$$

						Арк
Зм...	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$h_{др1}=1106,9 \text{ кДж/кг}; t_{др1}=t_{22}^{оп}+10=244,3+10=254,3^{\circ}\text{C}$$

$$h_{др2}=891,2 \text{ кДж/кг}; t_{др2}=t_{23}^{оп}+10=198,4+10=208,4^{\circ}\text{C},$$

$$h_{др3}=767,8 \text{ кДж/кг}; t_{др3}=t_{ПТН}+10=171+10=181^{\circ}\text{C};$$

Підвищення ентальпії води в живильних насосах:

$$\Delta h_{ПТН} = \frac{v\Delta P}{\eta} = \frac{0,00124 \cdot 290,5}{0,84} = 44 \text{ кДж/кг}. \quad (3.13)$$

Ентальпія води перед ПВД 6 з урахуванням роботи живильних насосів:

$$h_{13}=h_{д}+\Delta h_{ПН} \quad (3.14)$$

$$h_{13}=697,1+44=741,1 \text{ кДж/кг}$$

Теплові баланси основних поверхонь нагріву і охолоджувачів конденсату ПВД:

а) ПВД 8

$$\begin{aligned} \alpha_{н6}(h_{21}^{он} - h_{22}^{он}) &= \eta_n \alpha_1(h_1^{он} - h_{dp_1}), \\ \alpha_1 &= \frac{\alpha_{н6}(h_{21}^{он} - h_{22}^{он})}{\eta_n(h_1^{он} - h_{dp_1})} = \frac{1(1158,9 - 1065)}{0,98(2888,1 - 1106,9)} = 0,0538. \end{aligned} \quad (3.15)$$

б) ПВД 7

$$\begin{aligned} \alpha_{н6}(h_{22}^{он} - h_{23}^{он}) &= \eta_n \left[\alpha_2(h_2^{он} - h_{dp_2}) + \frac{1}{3} \alpha_{ynл}(h_0 - h_{dp_2}) + \alpha_1(h_{dp_1} - h_{dp_2}) \right], \\ \alpha_2 &= \frac{\frac{\alpha_{н6}(h_{22}^{он} - h_{23}^{он})}{\eta_n} - \frac{1}{3} \alpha_{ynл}(h_0 - h_{dp_2}) - \alpha_1(h_{dp_1} - h_{dp_2})}{h_2^{он} - h_{dp_2}} = \\ &= \frac{\frac{1(1065 - 863,4)}{0,98} - \frac{1}{3} \cdot 0,0194(3390 - 891,2) - 0,0538(1106,9 - 891,2)}{2877,1 - 891,2} = \\ &= \frac{205,71 - 16,16 - 11,6}{1985,9} = 0,0896. \end{aligned}$$

						Арк
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

в) ПВД 6

$$\begin{aligned}\alpha_{n6}(h_{23}^{on} - h_{13}) &= \eta_n \left[\alpha_3(h_3^{on} - h_{dp3}) + \left(\alpha_1 + \alpha_2 + \frac{1}{3}\alpha_{ynl} \right) (h_{dp2} - h_{dp3}) \right], \\ \alpha_3 &= \frac{\frac{\alpha_{n6}(h_{23}^{on} - h_{13})}{\eta_n} - \left(\alpha_1 + \alpha_2 + \frac{1}{3}\alpha_{ynl} \right) (h_{dp2} - h_{dp3})}{h_3^{on} - h_{dp3}} = \\ &= \frac{\frac{1(863,4 - 741,1)}{0,98} - \left(0,0538 + 0,0896 + \frac{1}{3}0,0194 \right) (891,2 - 767,8)}{2851,6 - 767,8} = \\ &= \frac{124,8 - 18,49}{2083,8} = 0,051.\end{aligned}$$

Знайдемо підвищення ентальпій води в охолоджувачах перегрітої пари:

$$\Delta h_{n6j}^{on} = \frac{\alpha_j(h_j - h_j^{on})}{\alpha_{n6}}. \quad (3.16)$$

ОП-1

$$\Delta h_{n6_1}^{on} = \frac{\alpha_1(h_1 - h_1^{on})}{\alpha_{n6}} = 0,0538(3105 - 2888,1) = 11,7 \text{ кДж / кг}.$$

ОП-2

$$\Delta h_{n6_2}^{on} = \frac{\alpha_2(h_2 - h_2^{on})}{\alpha_{n6}} = 0,0896(3025 - 2877,1) = 13,3 \text{ кДж / кг}.$$

ОП-3

$$\Delta h_{n6_3}^{on} = \frac{\alpha_3(h_3 - h_3^{on})}{\alpha_{n6}} = 0,051(3380 - 2851,6) = 26,9 \text{ кДж / кг}.$$

Уточнюємо ентальпію живильної води на виході з підігрівачів:

$$h_{пв} = h_{21}^{оп} + \Delta h_{пв1}^{оп} + \Delta h_{пв3}^{оп} = 1158,9 + 11,7 + 26,9 = 1197,5 \text{ кДж/кг}, \quad (3.17)$$

$$h_{21} = h_{21}^{оп} + \Delta h_{пв1}^{оп} = 1158,9 + 11,7 = 1170,6 \text{ кДж/кг},$$

$$h_{22} = h_{22}^{оп} + \Delta h_{пв2}^{оп} = 1065 + 13,3 = 1078,3 \text{ кДж/кг},$$

$$h_{23} = h_{23}^{оп} = 863,4 \text{ кДж/кг}.$$

Складаємо уточнені теплові баланси:

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Для ПВД 8

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_{н6}(h_{21} - h_{22})}{\eta_n(h_1 - h_{\partial p_1})} = \frac{1(1170,6 - 1078,3)}{0,98(3105 - 1106,9)} = 0,0471.$$

Для ПВД 7

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= \frac{\frac{\alpha_{н6}(h_{22} - h_{23})}{\eta_n} - \frac{1}{3}\alpha_{нл}(h_0 - h_{\partial p_2}) - \alpha_1(h_{\partial p_1} - h_{\partial p_2})}{h_2 - h_{\partial p_2}} = \\ &= \frac{\frac{1(1078,3 - 863,4)}{0,98} - \frac{1}{3} \cdot 0,0194(3390 - 891,2) - 0,0471(1106,9 - 891,2)}{3025 - 891,2} = \\ &= \frac{219,29 - 16,16 - 10,16}{2133,8} = 0,09. \end{aligned}$$

Для ПВД 6

$$\begin{aligned} \alpha_3 &= \frac{\frac{\alpha_{н6}(h_{23} - h_{13})}{\eta_n} - \left(\alpha_1 + \alpha_2 + \frac{1}{3}\alpha_{нл}\right)(h_{\partial p_2} - h_{\partial p_3})}{h_3^{on} - h_{\partial p_3}} = \\ &= \frac{\frac{1(863,4 - 741,1)}{0,98} - \left(0,0471 + 0,09 + \frac{1}{3} \cdot 0,0194\right)(891,2 - 767,8)}{2851,6 - 767,8} = \\ &= \frac{124,8 - 17,7}{2083,8} = 0,0514. \end{aligned}$$

3.2.5 Розрахунок турбопривода живильного насоса

$$\alpha_{ПТН} = \frac{\alpha_{ПВ} \Delta h_{нмн}}{H_i^{нмн} \cdot \eta_n}; \quad \text{где} \quad \Delta H_i^{mn} = H_{отп}^{mn} - H_{отб}^{n5}, \quad (3.18)$$

$$\alpha_{ПТН} = \frac{1 \cdot 44}{298,2 \cdot 0,84} = 0,171. \quad (3.19)$$

3.2.6 Розрахунок деаератора живильної води

									Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата					

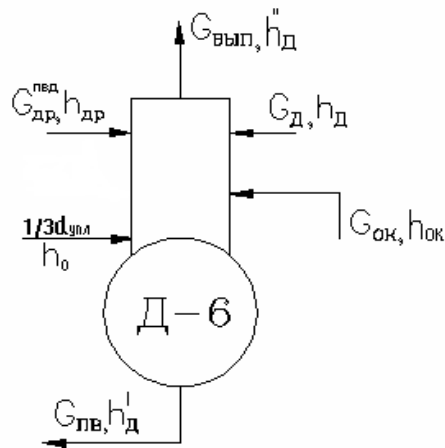


Рис. 3.3 Розрахункова схема деаератора живильної води.

Складемо рівняння матеріального балансу:

$$\alpha_{пв} + \alpha_{вып} = \sum \alpha_{др}^{ПВД} + \alpha_{ок} + \alpha_{д} + \frac{1}{4} \alpha_{унл} \cdot \cdot \quad (3.20)$$

Рівняння теплового балансу:

$$\alpha_{пв} \cdot h'_д + \alpha_{вып} \cdot h''_д = \left[\sum \alpha_{др}^{ПВД} \cdot h_{др} + \alpha_{ок} \cdot h_{ок} + \alpha_{д} \cdot h_{д} + \frac{1}{4} \alpha_{унл} \cdot h_0 \right] \cdot \eta \quad (3.21)$$

Отримаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} \alpha_{пв} + \alpha_{вып} = \alpha_{к} + \frac{1}{4} \alpha_{унл} + \alpha_{д} + \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \frac{1}{3} \alpha_{унл}, \\ \alpha_{вып} = 0,002 \cdot \alpha_{к}, \\ \frac{\alpha_{пв} h'_д + \alpha_{вып} h''_д}{\eta_n} = \alpha_{д} h_{д} + \alpha_{к} h_{к} + \frac{1}{4} \alpha_{унл} h_0 + \left(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \frac{1}{3} \alpha_{унл} \right) h_{др}; \end{cases}$$

Вирішимо цю систему рівнянь:

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$\begin{aligned}\alpha_{\kappa} &= \alpha_{n\epsilon} + \alpha_{\epsilon_{bin}} - \frac{1}{4}\alpha_{ynl} - \alpha_{\partial} - \alpha_1 - \alpha_2 - \alpha_3 - \frac{1}{3}\alpha_{ynl} = \\ \alpha_{n\epsilon} &+ 0,002\alpha_{\kappa} - \frac{7}{12}\alpha_{ynl} - \alpha_{\partial} - \alpha_1 - \alpha_2 - \alpha_3, \\ 0,998\alpha_{\kappa} &= \alpha_{n\epsilon} - \frac{7}{12}\alpha_{ynl} - \alpha_{\partial} - \alpha_1 - \alpha_2 - \alpha_3, \\ \alpha_{\kappa} &= \frac{1 - \frac{7}{12} \cdot 0,0194 - \alpha_{\partial} - 0,0471 - 0,09 - 0,0514}{0,998} = \frac{0,8 - \alpha_{\partial}}{0,998} = 0,802 - 1,002\alpha_{\partial}, \\ \frac{1 \cdot 697,1 + 0,002(0,802 - 1,002\alpha_{\partial})2762,9}{0,98} &= 3270\alpha_{\partial} + (0,802 - 1,002\alpha_{\partial})636,9 + \\ + \frac{1}{4} \cdot 0,0194 \cdot 3390 + \left(0,0471 + 0,09 + 0,0514 + \frac{1}{3} \cdot 0,0194 \right) 767,8, \\ 711,33 + 4,37 - 5,65\alpha_{\partial} &= 3270\alpha_{\partial} + 510,79 - 638,17\alpha_{\partial} + 16,44 + 149,7, \\ 715,7 - 5,65\alpha_{\partial} &= 2631,83\alpha_{\partial} + 676,93, \\ \alpha_{\partial} &= 0,0147, \\ \alpha_{\kappa} &= 0,802 - 1,002\alpha_{\partial} = 0,802 - 1,002 \cdot 0,0147 = 0,787.\end{aligned}$$

3.3 Розрахунок системи ПНД

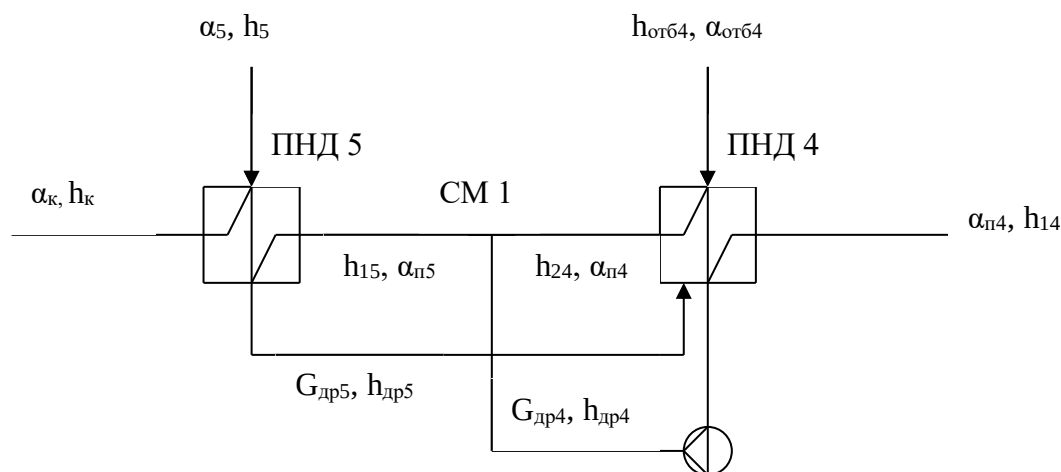


Рисунок 3.4 Система ПНД

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

3.3.1 Розрахункова схема ПНД 4 і ПНД 5.

Складемо систему рівнянь для ПНД 5, ПНД 4 та точки СМ 1 (витік дренажу ПНД 4 в лінію основного конденсата):

$$\begin{cases} (\alpha_5 + \alpha_4)h_{dp4} + \alpha_{n4}h_{24} = \alpha_{\kappa}h_{15}, \\ \alpha_{\kappa}(h_{\kappa} - h_{15}) = [\alpha_5(h_5 - h_{dp5})]\eta_n, \\ \alpha_{n4}(h_{24} - h_{14}) = \eta_n[\alpha_4(h_4 - h_{dp4}) + \alpha_5(h_{dp5} - h_{dp4})], \\ \alpha_{n4} + \alpha_4 + \alpha_5 = \alpha_{\kappa}; \end{cases} \quad (3.22)$$

$$\begin{cases} (\alpha_5 + \alpha_4)542 + 530,9\alpha_{n4} = 0,787h_{15}, \\ 0,787(636,9 - h_{15}) = 0,98[\alpha_5(3135 - 649,5)], \\ \alpha_{n4}(530,9 - h_{14}) = 0,98[\alpha_4(2990 - 542) + \alpha_5(649,5 - 542)]. \end{cases}$$

$$\begin{cases} (\alpha_5 + \alpha_4)542 + 530,9\alpha_{n4} = 0,787h_{15}, \\ 501,2 - 0,787h_{15} = 2435,8\alpha_5, \\ \alpha_{n4}(530,9 - h_{14}) = 2399\alpha_4 + 107,5\alpha_5, \\ \alpha_{n4} = \alpha_{\kappa} - \alpha_4 - \alpha_5 = 0,787 - \alpha_4 - \alpha_5. \end{cases}$$

$$\begin{cases} (\alpha_5 + \alpha_4)542 + (0,787 - \alpha_4 - \alpha_5)530,9 = 0,787h_{15}, \\ \alpha_5 = \frac{501,2 - 0,787h_{15}}{2435,8}, \\ (0,787 - \alpha_4 - \alpha_5)(530,9 - h_{14}) = 2399\alpha_4 + 107,5\alpha_5. \end{cases}$$

$$\begin{cases} 542\left(\frac{501,2 - 0,787h_{15}}{2435,8} + \alpha_4\right) + 530,9\left(0,787 - \alpha_4 - \frac{501,2 - 0,787h_{15}}{2435,8}\right) = 0,787h_{15}, \\ \left(0,787 - \alpha_4 - \frac{501,2 - 0,787h_{15}}{2435,8}\right)(530,9 - h_{14}) = 2399\alpha_4 + 107,5\left(\frac{501,2 - 0,787h_{15}}{2435,8}\right). \end{cases}$$

$$\begin{cases} 420,1 - 0,791h_{15} + 11,1\alpha_4 = 0, \\ (0,787 - \alpha_4 - 0,206 + 0,0003h_{15})(530,9 - h_{14}) = 2399\alpha_4 + 22,1 - 0,035h_{15}. \end{cases}$$

$$\begin{cases} 11,1\alpha_4 - 0,791h_{15} + 420,1 = 0, \\ 308,5 - 0,581h_{14} - 530,9\alpha_4 + \alpha_4h_{14} + 0,159h_{15} - 0,0003h_{15}h_{14} - 2399\alpha_4 - 22,1 + 0,035h_{15} = 0. \end{cases}$$

$$\begin{cases} \alpha_4 = \frac{0,791h_{15} - 420,1}{11,1}, \\ 286,4 - 2929,9\alpha_4 + 0,194h_{15} - 0,581h_{14} + \alpha_4h_{14} - 0,0003h_{15}h_{14} = 0. \end{cases}$$

$$\begin{cases} 286,4 - 2929,9\frac{0,791h_{15} - 420,1}{11,1} + 0,194h_{15} - 0,581h_{14} + \frac{0,791h_{15} - 420,1}{11,1}h_{14} - 0,0003h_{15}h_{14} = 0, \\ 286,4 - 208,8h_{15} + 110887,5 + 0,194h_{15} - 0,581h_{14} + 0,071h_{15}h_{14} - 37,9h_{14} - 0,0003h_{15}h_{14} = 0, \\ 111173,9 - 208,606h_{15} - 38,481h_{14} + 0,0707h_{15}h_{14} = 0, \\ h_{15} + 0,184h_{14} - 0,00034h_{14}h_{15} = 532,9. \end{cases}$$

						Арк
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Приймаємо:

$$\begin{aligned} h_{15} &= 531,24 \text{ кДж / кг}, \\ 531,24 + 0,184h_{14} - 0,00034 \cdot 531,24h_{14}h_{15} &= 532,9, \\ 0,0033784h_{14} &= 1,66, \\ h_{14} &= 491,4 \text{ кДж / кг}. \end{aligned}$$

Отримуємо:

$$\begin{aligned} \alpha_4 &= \frac{0,791h_{15} - 420,1}{11,1} = \frac{0,791 \cdot 531,24 - 420,1}{11,1} = 0,01, \\ \alpha_5 &= \frac{501,2 - 0,787h_{15}}{2435,8} = \frac{501,2 - 0,787 \cdot 531,24}{2435,8} = 0,034, \\ \alpha_{n_4} &= \alpha_k - \alpha_4 - \alpha_5 = 0,787 - 0,01 - 0,034 = 0,743. \end{aligned}$$

3.3.2 Розрахунок точки змішування потоків конденсату СМ-2

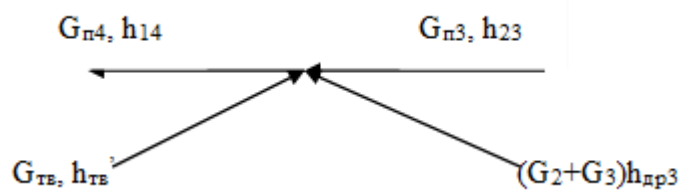


Рис. 3.5 Розрахункова точка змішування потоків конденсату 2.

Складемо систему рівнянь для розрахунку точки СМ 2:

$$\begin{cases} G_{n_4} h_{14} = G_{n_3} h_{23} + G_2 h_{\partial p_3} + G_3 h_{\partial p_3} + G_{тв} h'_{тв}, \\ G_{n_4} = G_{n_3} + G_2 + G_3 + G_{тв}. \end{cases} \quad (3.23)$$

Вирішимо цю систему рівнянь:

$$\begin{aligned} G_{n_3} &= G_{n_4} - G_2 - G_3 - G_{тв}, \\ G_{n_4} h_{14} &= G_{n_4} h_{23} - G_2 h_{23} - G_3 h_{23} - G_{тв} h_{23} + G_2 h_{\partial p_3} + G_3 h_{\partial p_3} + G_{тв} h'_{тв}, \\ 0,743G_{нв} \cdot 491,4 &= 0,743G_{нв} \cdot 488,6 - 488,6G_2 - 488,6G_3 - 79,25 \cdot 488,6 + 497,5G_2 + \\ &+ 497,5G_3 + 79,25 \cdot 494, \\ 2,08G_{нв} &= 8,9(G_2 + G_3) + 427,95, \\ G_2 + G_3 &= \frac{2,08G_{нв} - 427,95}{8,9} = 0,233G_{нв} - 48,1, \\ G_{n_3} &= 0,743G_{нв} - 0,233G_{нв} + 48,1 - 79,25 = 0,51G_{нв} - 31,15. \end{aligned}$$

3.3.3 Розрахунок точки змішування потоків конденсату СМ 3

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

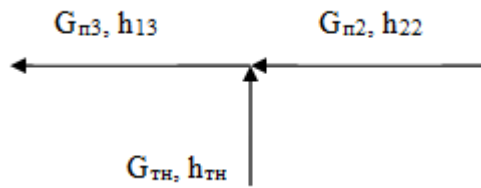


Рисунок 2.6. Розрахункова точка змішування потоків конденсату СМ 3.

Складемо систему рівнянь для розрахунку точки СМ 3:

$$\begin{aligned} G_{n_3} h_{13} &= G_{n_2} h_{22} + G_{тн} h'_{тн}, \\ G_{n_3} &= G_{n_2} + G_{тн}. \end{aligned} \quad (3.24)$$

Вирішимо цю систему рівнянь:

$$G_{n_2} = G_{n_3} - G_{тн} = 0,51G_{н6} - 31,15 - 80 = 0,51G_{н6} - 111,15,$$

$$G_{n_3} h_{13} = G_{n_2} h_{22} - G_{тн} h_{22} + G_{тн} h'_{тн},$$

$$(0,51G_{н6} - 31,15)h_{13} = (0,51G_{н6} - 31,15)h_{22} + G_{тн} (h'_{тн} - h_{22}),$$

$$h_{13} = \frac{396,8(0,51G_{н6} - 31,15) + 80(401,6 - 396,8)}{0,51G_{н6} - 31,15} = \frac{202G_{н6} - 11976,3}{0,51G_{н6} - 31,15}.$$

3.12 Розрахунок ПНД 3

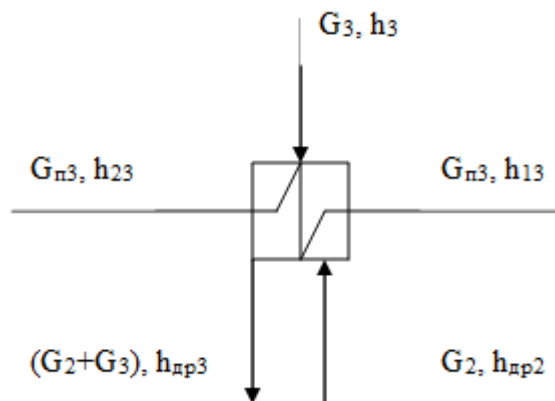


Рисунок 3.7 Розрахунок ПНД 3

3.3.4 Розрахункова схема ПНД 3.

Розрахунок ПНД 3:

$$\begin{aligned}
G_{n_3}(h_{23} - h_{13}) &= \eta_n [G_3(h_3 - h_{dp_3}) + G_2(h_{dp_2} - h_{dp_3})] \\
(0,51G_{n_6} - 31,15) \left(488,6 - \frac{202G_{n_6} - 11976,3}{0,51G_{n_6} - 31,15} \right) &= \\
= 0,98[(0,233G_{n_6} - 48,1 - G_2)(2930 - 497,5) + G_2(404,4 - 497,5)] \\
488,6(0,51G_{n_6} - 31,15) - 202G_{n_6} + 11976,3 &= 0,98[569,2G_{n_6} - 125760,3 - 2432,5G_2 - 93,1G_2] \\
47,2G_{n_6} - 3243,6 &= 557,8G_{n_6} - 123245,1 - 2475,1G_2, \\
510,6G_{n_6} - 120001,5 &= 2475,1G_2, \\
G_2 &= 0,206G_{n_6} - 48,5, \\
G_3 &= 0,233G_{n_6} - 48,1 - 0,206G_{n_6} + 48,5 = 0,027G_{n_6} + 0,4.
\end{aligned}$$

(3.25)

3.3.5 Розрахунок ОЕ, ЕУ, СП

Вихідні рівняння для розрахунку:

$$\begin{aligned}
G_{n_2} h_{21} &= G_{ок} h'_{ок} + G_{дв} h_{дв} + G_{оэ} h_{оэ} + G_{оу} h_{оу}, \\
G_{ок} &= G_{n_2} - G_{дв} - G_{оэ} - G_{оу}, (2.13.2) \\
G_{оэ} &= 0,002G_{n_6}, (2.13.3) \\
G_{оу} &= \frac{5}{12} G_{унл} = \frac{5}{12} \cdot 0,0194 \cdot G_{n_6} = 0,008G_{n_6}, \\
G_{n_2} &= 0,51G_{n_6} - 111,15, \\
G_{дв} &= 0,01G_{n_6}.
\end{aligned}$$

Обчислимо дані теплообмінні апарати:

$$\begin{aligned}
h_{21}(0,51 - 111,15) &= 111,84(0,51G_{n_6} - 111,15 - 0,01G_{n_6} - 0,008G_{n_6} - 0,002G_{n_6}) + \\
&+ 0,01G_{n_6} \cdot 125,7 + 0,008G_{n_6} \cdot 2762,9 + 0,002G_{n_6} \cdot 2762,9, \\
(0,51G_{n_6} - 111,15)h_{21} &= 111,84(0,49G_{n_6} - 111,15) + 28,9G_{n_6}, \\
(0,51G_{n_6} - 111,15)h_{21} &= 54,8G_{n_6} - 12431 + 28,9G_{n_6}, \\
h_{21} &= \frac{83,7G_{n_6} - 12431}{0,51G_{n_6} - 111,15}.
\end{aligned}$$

3.4 Визначення витрати пари на турбіну та перевірка її потужності

Визначимо коефіцієнти недовиробки потужності парю відборів:

- Вихідні формули:

$$\begin{aligned}
y_{отб_j} &= \frac{h_{отб_j} - h_{\kappa} + \Delta h_{nn}}{h_0 - h_{\kappa} + \Delta h_{nn}}; y_{отб_j} = \frac{h_{отб_j} - h_{\kappa}}{h_0 - h_{\kappa} + \Delta h_{nn}}, \\
h_{\kappa} &= 2815 \text{ кДж / кг}, \\
\Delta h_{nn} &= 600 \text{ кДж / кг}.
\end{aligned}$$

(3.26)

- Розрахунок коефіцієнтів недовиробки:

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$\begin{aligned}
y_{омб_1} &= \frac{3105 - 2815 + 600}{3390 - 2815 + 600} = 0,76, \\
y_{омб_2} &= \frac{3025 - 2815 + 600}{3390 - 2815 + 600} = 0,69, \\
y_{омб}^{ПТН} &= \frac{3460 - 2815}{3390 - 2815 + 600} = 0,55, \\
y_{омб_5} &= \frac{3380 - 2815}{3390 - 2815 + 600} = 0,48, \\
y_{омб_6} &= \frac{3270 - 2815}{3390 - 2815 + 600} = 0,39, \\
y_{омб_7} &= \frac{3135 - 2815}{3390 - 2815 + 600} = 0,27, \\
y_{омб_9} &= \frac{2990 - 2815}{3390 - 2815 + 600} = 0,15, \\
y_{омб_{10}} &= y_{СП_2} = \frac{2930 - 2815}{3390 - 2815 + 600} = 0,1, \\
y_{омб_{11}} &= y_{СП_1} = \frac{2815 - 2815}{3390 - 2815 + 600} = 0, \\
y_{ПТН}^{возврат} &= -\frac{3170 - 2815}{3390 - 2815 + 600} = -0,31.
\end{aligned}$$

Визначаємо витрату пари на турбіну:

$$\begin{aligned}
G_m &= \frac{N_g}{(h_0 - h_k + \Delta h_{nn}) \eta_m \eta_c} + \Sigma 0,971 (y_{омб_j} G_{омб_j}) = \\
&= \frac{250000}{(3390 - 2815 + 600) 0,965} + 0,971 \left(\begin{aligned} &0,76 \cdot 0,0471 G_{нб} + 0,69 \cdot 0,09 G_{нб} + 0,55 \cdot 0,171 G_{нб} - \\ &- 0,31 \cdot 0,171 G_{нб} + 0,48 \cdot 0,0514 G_{нб} + 0,39 \cdot 0,0147 G_{нб} + \\ &+ 0,27 \cdot 0,034 G_{нб} + 0,15 \cdot 0,01 G_{нб} + 0,1(0,027 G_{нб} + 0,4) \end{aligned} \right) + \\
&+ 0,1 \cdot 79,25 = 220,5 + 0,035 G_m + 0,06 G_m + 0,09 G_m - 0,05 G_m + 0,024 G_m + 0,006 G_m + 0,009 G_m + \\
&+ 0,001 G_m + 0,003 G_m + 0,04 + 7,925 = 228,465 + 0,178 G_m, \\
0,822 G_m &= 228,465, \\
G_m &= 277,9 \text{ кг/с}, \\
G_{нб} &= 1,03 G_m = 1,03 \cdot 277,9 = 286,2 \text{ кг/с}.
\end{aligned}$$

(3.27)

Уточнюємо баланс ПНД 2:

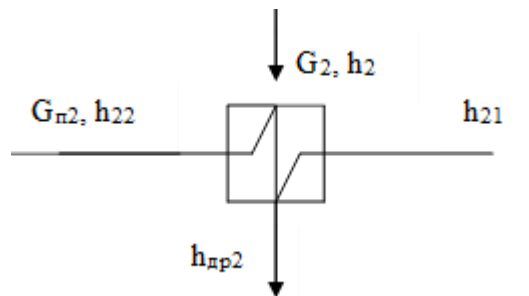


Рис. 2.8 Розрахункова схема ПНД 2.

Розраховуємо ПНД 2:

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$G_{n_2}(h_{22} - h_{21}) = \eta_n G_2 (h_2 - h_{dp_2}),$$

$$34,8(396,8 - 251,09) = 0,98 G_2 (2815 - 404,4),$$

$$G_2 = 2,1 \text{ кг} / \text{с};$$
(3.28)

Визначимо витрати пари на інші ПНД та ентальпії основного конденсату:

$$G_{n_3} = 0,51 \cdot 286,2 - 31,15 = 114,8 \text{ кг} / \text{с},$$

$$h_{13} = \frac{202 \cdot 286,2 - 11976,3}{0,51 \cdot 286,2 - 31,15} = 399,2 \text{ кДж} / \text{кг},$$

$$G_3 = 0,027 \cdot 286,2 + 0,4 = 8,1 \text{ кг} / \text{с},$$

$$h_{21} = \frac{83,7 \cdot 286,2 - 12431}{0,51 \cdot 286,2 - 111,15} = 331 \text{ кДж} / \text{кг} < 4,19 \cdot 60 = 251,09 \text{ кДж} / \text{кг}$$

- Отже, працює лінія рециркуляції основного конденсату.

$$G_{n_2} = 0,51 \cdot 286,2 - 111,15 = 34,8 \text{ кг} / \text{с}.$$
(3.29)

Проведемо перевірку потужності турбіни:

$$N_s = (G_m - \sum y_{отб_j} G_{отб_j}) (h_0 - h_k + \Delta h_{nn}) \eta_m \eta_g =$$

$$= \left(277,9 - 0,76 \cdot 13,1 - 0,69 \cdot 25 - 0,55 \cdot 47,5 + 0,31 \cdot 47,5 - 0,48 \cdot 14,3 - 0,39 \cdot 4,1 - \right. \\ \left. - 0,27 \cdot 9,4 - 0,15 \cdot 2,8 - 0,1 \cdot 8,1 - 0,1 \cdot 79,25 \right) \times$$

$$\times (3390 - 2815 + 600) 0,965 = 219,138 \cdot 1133,875 = 248475 \text{ кВт},$$

$$\Delta N = \frac{|248475 - 250000|}{250000} \cdot 100\% = 0,61\%.$$
(3.30)

3.5 Розрахунок економічних показників турбоустановки

Витрата тепла на турбоустановку:

$$Q_0 = G_0 (h_0 - h_{n_8}) + G_{nn} \Delta h_{nn} = 283,5(3390 - 1197,5) + 239,8 \cdot 600 = 765454 \text{ кВт};$$
(2.31)

Витрата тепла на виробництво електроенергії:

$$Q_s = Q_0 - Q_m,$$

$$Q_m = Q_{СП} = Q_{СП_1} + Q_{СП_2} = G_{СП_1} (h_{СП_1} - h'_{СП_1}) + G_{СП_2} (h_{СП_2} - h_{СП_2}) =$$

$$= 80(2815 - 401,6) + 79,25(2930 - 494) = 193072 + 193053 = 386125 \text{ кВт},$$

$$Q_s = 765454 - 386125 = 379329 \text{ кВт}.$$
(3.32)

Електричний ККД турбоустановки:

$$\eta_s = \frac{N_m}{Q_s} = \frac{250000}{379329} = 0,659.$$
(3.33)

Витрата тепла з котла:

						Арк
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$Q_{ne} = G_{ne}(h_{ne} - h_{ne}) + G_{nn}(h_{nn}^z - h_2^{цвд}) = 286,2(3400 - 1197,5) + 239,8(3633 - 3025) = 630355,5 + 145798,4 = 776153,9 \text{ кВт}.$$
(3.34)

ККД теплового потоку:

$$\eta_{mn} = \frac{Q_0}{Q_{ne}} = \frac{765454}{776153,9} = 0,986.$$
(3.35)

ККД блоку по виробництву електроенергії:

$$\eta_{\text{бл}} = \eta_{\text{э}} \eta_{mn} \eta_{ка}^{op} = 0,659 \cdot 0,986 \cdot 0,9441 = 0,613.$$
(3.36)

Удельна витрата тепла на виробництво електроенергії турбіною:

$$q_m = \frac{3600}{\eta_{\text{э}}} = \frac{3600}{0,613} = 5872,8 \frac{\text{кДж}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}.$$
(3.37)

Удельна витрата палива на виробництво електроенергії:

$$b_m^{тэц} = \frac{0,123}{\eta_{\text{бл}}} = \frac{0,123}{0,613} = 0,2 \frac{\text{кг}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}.$$
(3.38)

ККД по виробництву теплової енергії:

$$\eta_{тэц} = \eta_Q = \eta_{ка} \eta_{mn} \eta_{СП} = 0,9441 \cdot 0,986 \cdot 0,98 = 0,912.$$
(3.39)

Удельна витрата палива на виробництво тепла:

$$b_Q^{выр} = \frac{34,1}{\eta_Q} = \frac{34,1}{0,912} = 37,4 \frac{\text{кг}}{\text{ГДж}}.$$
(3.40)

3.6 Укрупнений розрахунок котельного агрегату ТГМП-314

Використовуване паливо: основне паливо – газ, резервне мазут – мазут М-100.

3.6.1 Вхідні дані

Продуктивність пари $D_0 = 1000$ т/год

Тиск гарячої пари $P_0 = 25$ Мпа

Температура перегрітої пари $t_0 = 545$ °С

						Арк
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Q_p^H , ккал/м ³	CH ₄ , %	C ₂ H ₆ , %	C ₃ H ₈ , %	C ₄ H ₁₀ , %	C ₅ H ₁₂ , %	N ₂ , %	CO ₂ , %	$\rho_{г.пл}^c$, кг/м ³
8570	98.9	0.3	0.1	0.1	0	0.4	0.2	0.712

Таблиця 3.2 Склад газу за елементами

Таблиця 3.3 Склад мазуту за елементами:

Q_p^H , ккал/кг	W _p , %	Ar, %	$S_{к+ор}^P$, %	СЕРЕ ДНІЙ, %	НР, %	NP+OR, %
9260	3.0	0.1	2.8	83.0	10.4	0.7

3.6.2 Розрахунок котельного агрегату при спалюванні мазуту

Теоретична кількість повітря для повного згорання рідкого палива (при $\alpha=1$):

$$V_{O_2}^0 = 0.0889 \cdot (C^P + 0.375 \cdot S_{K+OP}^P) + 0.265 \cdot H^P - 0.0333 \cdot O^P = 0.0889 \cdot (83 + 0.375 \cdot 2.8) + 0.265 \cdot 10.4 - 0.0333 \cdot \frac{0.7}{2} = 10.21 \frac{м^3}{кг}; \quad (3.41)$$

Теоретичні мінімальні об'єми продуктів згорання при повному згоранні палива при $\alpha=1$:

Теоретичний об'єм азоту:

$$V_{N_2}^0 = 0.79 \cdot V_{O_2}^0 + 0.008 \cdot N^P = 0.79 \cdot 10.21 + 0.008 \cdot \frac{0.7}{2} = 8.1 \frac{м^3}{кг}; \quad (3.42)$$

Теоретичний об'єм трьохатомних газів:

$$V_{RO_2} = 0.01866 \cdot (C^P + 0.375 \cdot S_{K+OP}^P) = 0.01866 \cdot (83 + 0.375 \cdot 2.8) = 1.57 \frac{м^3}{кг}; \quad (3.43)$$

Теоретичний об'єм водяної пари:

$$V_{H_2O}^0 = 0.111 \cdot H^P + 0.0124 \cdot W^P + 0.0161 \cdot V_{O_2}^0 = 0.111 \cdot 10.4 + 0.0124 \cdot 3 + 0.0161 \cdot 10.21 = 1.36 \frac{м^3}{кг}; \quad (3.44)$$

При надлишку повітря $\alpha > 1$ (припустимо $\alpha = 1.03$) обсяг водяної пари дорівнює:

						Арк
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0.0161 \cdot (\alpha - 1) \cdot V_{\epsilon}^0 = 1.36 + 0.0161 \cdot (1.03 - 1) \cdot 10.21 = 1.364 \frac{m^3}{kg}; \quad (3.45)$$

Об'єм димових газів:

$$V_{\Gamma} = V_{RO_2} + V_{N_2}^0 + V_{H_2O} + (\alpha - 1) \cdot V_{\epsilon}^0 = 1.57 + 8.1 + 1.364 + (1.03 - 1) \cdot 10.21 = 11.34 \frac{m^3}{kg}; \quad (3.46)$$

Об'ємні частки трьохатомних газів і водяної пари відповідно дорівнюють:

$$r_{RO_2} = \frac{V_{RO_2}}{V_{\Gamma}}; \quad r_{H_2O} = \frac{V_{H_2O}}{V_{\Gamma}}. \quad (3.47)$$

Загальна об'ємна фракція:

$$r_{\Pi} = r_{RO_2} + r_{H_2O}; \quad (3.48)$$

Безрозмірна концентрація золи:

$$\mu_3 = \frac{A^P \cdot a_{yn}}{100 \cdot G_{\Gamma}}; \quad (3.49)$$

де: $a_{yn}=0.06$;

$$G_{\Gamma} = 1 - \frac{A^P}{100} + 1.306 \cdot \alpha \cdot V_{\epsilon}^0, \frac{kg}{kg}; \text{— маса димових газів.} \quad (3.50)$$

Таблиця 3.4 Значення газоходів та показники димарів

Розмір	Вимір	Димарі			
		$\alpha_{\Gamma}=1,03$	$\alpha_{pp}=1,06$	$\alpha_{ве}=1,08$	$\alpha_{рп}=1,28$
Середнє значення α в газоходах	—	1,03	1,045	1,07	1,18
$(\alpha-1)V^0$	м3/кг	0,306	0,459	0,714	1,836
V_{H_2O}	м3/кг	1,364	1,367	1,371	1,39
V_g	м3/кг	11,34	11,496	11,755	12,896
r_{RO_2}	—	0,138	0,136	0,133	0,122
r_{H_2O}	—	0,12	0,119	0,116	0,106
РП	—	0,258	0,255	0,249	0,288
Рр	кг/кг	14,72	14,92	15,25	16,72
$\mu_{зл}$	кг/кг	$4,1 \times 10^{-6}$	$4,02 \times 10^{-6}$	$3,9 \times 10^{-6}$	$3,6 \times 10^{-6}$

3.6.3 Тепловий баланс котельного агрегату

Складемо загальне рівняння теплового балансу:

$$Q_P^P = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6; \quad (3.51)$$

Доступна теплота на 1 кг рідкого палива:

$$Q_P^P = Q_H^P + Q_{в.вн} + i_{мл} = 9260 + 115.6 + 58.44 = 9434 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}}; \quad (3.52)$$

$$\text{де: } Q_{в.вн} = \beta' \left[I_{хв}^{0'} - I_{хв}^0 \right] = 1.28 \cdot [196 - 98] = 115.6 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}} - \text{тепло, що вводитьсь в}$$

котел повітрям;

β' – відношення кількості повітря на вході в котельний агрегат до теоретично необхідної кількості;

$I_{хв}^0, I_{хв}^{0'}$ – ентальпія теоретично необхідної кількості повітря на вході в котельний агрегат і холодного повітря, що визначається відповідно температурою на вході в калорифер і холодного повітря по таблиці I-t

$$\beta' = \alpha_m + \Delta\alpha_m + \Delta\alpha_{вн} = 1.03 + 0.05 + 0.2 = 1.28; \quad (3.54)$$

$$I_{хв}^{0'} = C_P \cdot V^0 \cdot t_{\epsilon} = 0.32 \cdot 10.21 \cdot 60 = 196 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}}; \quad (3.55)$$

$$I_{хв}^0 = C_P \cdot V^0 \cdot t_{\epsilon} = 0.32 \cdot 10.21 \cdot 30 = 98 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}}; \quad (3.56)$$

$$i_{мл} = C_{мл} \cdot t_{мл} = 0.487 \cdot 120 = 58.44 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}} - \text{фізична теплота палива.} \quad (3.57)$$

$$C_{мл} = 0.415 + 0.0006 \cdot t_{мл} = 0.415 + 0.0006 \cdot 120 = 0.487 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}. \quad (3.58)$$

3.6.4 Визначити втрати тепла з відпрацьованими газами:

$$q_2 = \frac{(I_{yx} - \alpha_{yx} \cdot I_{хв}^0) \cdot (100 - q_4)}{Q_P^P} = \frac{(637 - 1.28 \cdot 98) \cdot (100 - 0)}{9434} = 5.42\%; \quad (3.59)$$

Де:

$$t_{yx}=140^\circ \text{C}, I_{yx}=637 \text{ ккал/кг}, q_4=0 \text{ (прийнято)}, \alpha_{yx}=1.28$$

Втрати тепла від хімічної неповноти згоряння $q_3=0.5\%$, від механічної неповноти згоряння $q_4=0$, втрати тепла в навколишнє середовище $q_5=0.4\%$, втрати тепла з фізичною теплотою шламу $q_6=0$.

3.6.5 Визначити теплоту, яка використовується з користю:

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$\eta_{KA}^{\delta p} = q_1 = \frac{Q_1}{Q_P} = 100 - q_2 - q_3 - q_4 - q_5 - q_6 = 100 - 5.42 - 0.5 - 0 - 0.4 - 0 = 93.68\%; \quad (3.60)$$

3.7 Визначення годинної витрати палива на один котел

$$B = \frac{Q_{KA}}{Q_P \cdot \eta_{KA}^{\delta p}} \cdot 100 = \frac{579700 \cdot 10^3}{9434 \cdot 93.68} \cdot 100 = 65593.5 \frac{\text{кк}}{\text{ч}} = 65.6 \frac{\text{т}}{\text{ч}}; \quad (3.61)$$

Де:

$$Q_{KA} = D_{ne} \cdot (i_{ne} - i_{ne}) = 1000 \cdot 10^3 \cdot (838.7 - 259) = 579700 \cdot 10^3 \frac{\text{ккал}}{\text{ч}}; \quad (3.62)$$

Отримана витрата палива використовується в подальших розрахунках.

3.7.1 Розрахунок котельного агрегату при згорянні газу

Теоретична кількість повітря для повного згорання газоподібного палива (при $\alpha=1$):

$$\begin{aligned} V_e^0 &= 0.0476 \left[\sum \left(m + \frac{n}{4} \right) C_m H_n + 0.5(CO + H_2) + 1.5H_2S - O_2 \right] = \\ &= 0.0476 \left[\left(1 + \frac{4}{4} \right) 98.9 + \left(2 + \frac{6}{4} \right) 0.3 + \left(3 + \frac{8}{4} \right) 0.1 + \left(4 + \frac{10}{4} \right) 0.1 + 0.5(0 + 0) + 1.5 \cdot 0 + 0 \right] = 9.52 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}; \end{aligned} \quad (3.63)$$

3.7.2 Теоретичні мінімальні об'єми продуктів згорання при повному згорянні палива при $\alpha=1$:

Теоретичний об'єм азоту:

$$V_{N_2}^0 = 0.79 \cdot V_e^0 + 0.01 \cdot N_2 = 0.79 \cdot 9.52 + 0.01 \cdot 0.4 = 7.525 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}; \quad (3.64)$$

Теоретичний об'єм трьохатомних газів:

$$\begin{aligned} V_{RO_2} &= 0.01 \left(\sum m C_m H_n + CO_2 + CO + H_2S \right) = \\ &= 0.01(1 \cdot 98.9 + 2 \cdot 0.3 + 3 \cdot 0.1 + 4 \cdot 0.1 + 0.2 + 0 + 0) = 1.004 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}; \end{aligned} \quad (3.65)$$

Теоретичний об'єм водяної пари:

$$\begin{aligned} V_{H_2O}^0 &= 0.01 \left(\sum \frac{n}{2} C_m H_n + H_2S + H_2 + 0.124 \cdot d_r \right) + 0.0161 \cdot V_e^0 = \\ &= 0.01(2 \cdot 98.9 + 3 \cdot 0.3 + 4 \cdot 0.1 + 5 \cdot 0.1 + 0 + 0 + 0.124 \cdot 10) + 0.0161 \cdot 9.52 = 2.16 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}; \end{aligned} \quad (3.66)$$

						Арк
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Якщо є надлишок повітря $\alpha > 1$ (беремо $\alpha = 1,05$):

Об'єм водяної пари:

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161 \cdot (\alpha - 1) \cdot V_{\epsilon}^0 = 2,16 + 0,0161 \cdot (1,05 - 1) \cdot 9,52 = 2,168 \frac{m^3}{m^3}; \quad (3.67)$$

Об'єм димових газів:

$$V_{\Gamma} = V_{RO_2} + V_{N_2}^0 + V_{H_2O} + (\alpha - 1) \cdot V_{\epsilon}^0 = 1,004 + 7,525 + 2,16 + (1,05 - 1) \cdot 9,52 = 11,165 \frac{m^3}{m^3}; \quad (3.68)$$

Об'ємні частки трьохатомних газів і водяної пари відповідно дорівнюють:

$$r_{RO_2} = \frac{V_{RO_2}}{V_{\Gamma}}; \quad r_{H_2O} = \frac{V_{H_2O}}{V_{\Gamma}}. \quad (3.69)$$

Загальна об'ємна фракція:

$$r_{\Pi} = r_{RO_2} + r_{H_2O}; \quad (3.70)$$

$$G_{\Gamma} = 1 - \frac{A^P}{100} + 1,306 \cdot \alpha \cdot V_{\epsilon}^0, \frac{kg}{kg}; \quad (3.71)$$

— маса димових газів.

Таблиця 3.5 Значення назоходів та димарів з новими коефіцієнтами

Розмір	Вимір	Димарі			
		$\alpha_{\Gamma}=1,05$	$\alpha_{pp}=1,08$	$\alpha_{ве}=1,1$	$\alpha_{рвп}=1,3$
Середнє значення α в газоходах	—	1,05	1,065	1,095	1,2
$(\alpha-1) V^0$	м3/м3	0,476	0,6188	0,904	1,904
V_{H_2O}	м3/м3	2,168	2,17	2,174	2,191
V_g	м3/м3	11,165	11,308	11,593	12,593
r_{RO_2}	—	0,09	0,0888	0,0866	0,0797
r_{H_2O}	—	0,194	0,192	0,187	0,174
r_{Π}	—	0,284	0,2808	0,274	0,254

3.7.3. Тепловий баланс котельного агрегату

Складемо загальне рівняння теплового балансу:

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Складемо загальне рівняння теплового балансу:

$$Q_P^P = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6; \quad (3.72)$$

3.8 Доступне тепло на 1 м^3 рідкому паливі:

$$Q_P^P = Q_H^P + Q_{\text{в.вн}} + i_{\text{мл}} = 8570 + 56.5 + 0 = 8626.5 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3}; \quad (3.73)$$

$$\text{де: } Q_{\text{в.вн}} = \beta' \left[I_{\text{хв}}^{0'} - I_{\text{хв}}^0 \right] = 1.3 \cdot [80 - 40] = 52 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3} - \text{тепло, що вводиться в котел}$$

повітрям;

β' – відношення кількості повітря на вході в котельний агрегат до теоретично необхідної кількості;

$I_{\text{хв}}^0, I_{\text{хв}}^{0'}$, - ентальпія теоретично необхідної кількості повітря на вході в котельний агрегат і холодного повітря, що визначається відповідно температурою на вході в калорифер і холодного повітря по таблиці I-t

$$\beta' = \alpha_m + \Delta\alpha_m + \Delta\alpha_{\text{ен}} = 1.05 + 0.05 + 0.2 = 1.3; \quad (3.74)$$

$$I_{\text{хв}}^{0'} = C_P \cdot V^0 \cdot t_{\text{г}} = 0.28 \cdot 9.52 \cdot 30 = 82 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3}; \quad (3.75)$$

$$I_{\text{хв}}^0 = C_P \cdot V^0 \cdot t_{\text{г}} = 0.28 \cdot 9.52 \cdot 15 = 38.88 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3}; \quad (3.76)$$

$$i_{\text{мл}} = 0 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3} - \text{фізична теплота палива (для газу)}.$$

3.8.1 Визначити втрати тепла з відпрацьованими газами:

$$q_2 = \frac{(I_{\text{yx}} - \alpha_{\text{yx}} \cdot I_{\text{хв}}^0) \cdot (100 - q_4)}{Q_P^P} = \frac{(461 - 1.28 \cdot 43.71) \cdot (100 - 0)}{8626.5} = 4.69\%; \quad (3.78)$$

де $t_{\text{yx}} = 120^\circ\text{C}$,

$$\begin{aligned} I_{\text{yx}} &= (V_{\text{RO}_2} \cdot C_{\text{RO}_2} + V_{\text{N}_2}^0 \cdot C_{\text{N}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}} \cdot C_{\text{H}_2\text{O}} + (\alpha - 1) \cdot V_{\text{г}}^0 \cdot C_{\text{г}}) \cdot t_{\text{yx}} = \\ &= (1.004 \cdot 1.708 + 7.525 \cdot 1.302 + 1.39 \cdot 1.5 + 1.904 \cdot 1.304) \cdot 120 = 461 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3}; \end{aligned} \quad (3.79)$$

$q_4 = 0$ (прийнято), $\alpha_{\text{yx}} = 1.28$

						Арк
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Втрати тепла від хімічної неповноти згоряння $q_3=0,5\%$, від механічної неповноти згоряння $q_4=0$, втрати тепла в навколишнє середовище $q_5=0,4\%$, втрати тепла з фізичною теплотою шламу $q_6=0$.

3.8.2 Визначити теплоту, яка використовується з користю:

$$\eta_{KA}^{bp} = q_1 = \frac{Q_1}{Q_P} = 100 - q_2 - q_3 - q_4 - q_5 - q_6 = 100 - 4.69 - 0.5 - 0 - 0.4 - 0 = 94.41\%; \quad (3.80)$$

3.8.3 Визначення годинної витрати палива на один котел

$$B = \frac{Q_{KA}}{Q_P \cdot \eta_{KA}^{bp}} \cdot 100 = \frac{579700 \cdot 10^3}{8626.5 \cdot 94.41} \cdot 100 = 71178.8 \frac{M^3}{ч}; \quad (3.81)$$

Де:

$$Q_{KA} = D_{ne} \cdot (i_{ne} - i_{ng}) = 1000 \cdot 10^3 \cdot (838.7 - 259) = 579700 \cdot 10^3 \frac{Kкал}{ч}; \quad (3.82)$$

Отримана витрата палива використовується в подальших розрахунках.

3.9 Вибір допоміжного обладнання

Підбір допоміжного обладнання котельні

Два димососи і два вентилятори встановлені на котел паропродуктивністю понад 500 т/год. Також встановлюються два вентилятори рециркуляції димових газів, і виходячи з того, що температура відпрацьованих газів $t_{від}=140^\circ C$, паливо мазуту приймаємо до установки рекуперативні повітрянагрівачі. Спроектований котел працює із збалансованою тягою. При установці продуктивність кожного димососа і вентилятора повинна становити 50%.

Витрата повітря перед вентиляторами та потік газу перед димососами:

$$Q_6 = \alpha_6 \cdot B_p \cdot V_6^0 \cdot \frac{T_{x6}}{273} = 1 \cdot 70000 \cdot 10.21 \cdot \frac{273+30}{273} = 792461.53 \frac{M^3}{ч}; \quad (3.83)$$

$$Q_0 = B_p \cdot (V_2^0 + (\alpha_{yx} - 1) \cdot V_6^0) \cdot \frac{T_{yx}}{273} = 70000 \cdot (11.03 + (1.28 - 1) \cdot 10.21) \cdot \frac{140+273}{273} = 1470788.31 \frac{M^3}{ч};$$

Де:

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$V_{\epsilon}^0 = 10.21 \frac{M^3}{K\epsilon} - \text{теоретичний об'єм повітря};$$

$$V_{\epsilon}^0 = V_{RO2} + V_{N2}^0 + V_{H2O}^0 = 1.57 + 8.1 + 1.36 = 10.21 \frac{M^3}{K\epsilon} - \text{теоретичний об'єм}$$

продуктів згоряння; (3.84)

$T_{\text{хп}}, T_{\text{від}}$ – абсолютні температури холодного повітря і відпрацьованих газів.

Продуктивність димососів і вентиляторів підбирається з запасом в 10%. На рис. УП–30÷УП–38 Попередньо визначаємося з вибором тяглових машин і далі підбираємо їх за заводськими характеристиками. Приймаємо до монтажу димососи і вентилятори: $2 \times ДОД - 31.5\Phi ГМ$ з продуктивністю $985000 \frac{M^3}{ч}$, напір електричної потужності $479 \frac{K\epsilon\epsilon}{M^2}$, з двигуном потужністю 1645 кВт. $2 \times ВДН - 25 - 2 - I$ з продуктивністю по $500000 \frac{M^3}{ч}$ з напором $825 \frac{K\epsilon\epsilon}{M^2}$ $2 \times ГД - 31\epsilon$ продуктивністю $345000 \frac{M^3}{ч}$, напором $410 \frac{K\epsilon\epsilon}{M^2}$ потужністю 460 кВт. Регенеративні повітрянагрівачі $2 \times РВП - 98Г$.

3.9.1 Підбір допоміжного обладнання машинного відділення.

Обігрівачі поверхневого типу поставляються в комплекті з турбіною без резерву.

ПВД:

ПВ-900-380-18-I

ПВ-1200-380-43-I

ПВ-900-380-66-I

ПНД:

ПН-400-26-2-III

ЗПН-400-26-7-II

ПН-400-26-7-I

Теплообмінне обладнання для турбіни Т-250/300240 наступне: – дренажні зливні насоси регенеративних нагрівачів встановлюються без резерву за

									Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата					

допомогою резервної лінії каскадного дренажного зливу в конденсатор. – ПНД-2 (СлН)КС-50-55 потужністю $50 \frac{м^3}{ч}$ напором 55 м і потужністю 17 кВт.

– ПНД-3,4,5 КС-80-155 потужністю $80 \frac{м^3}{ч}$ 155 м і потужністю 75 кВт.

Сумарна потужність деаераторів живильної води підбирається відповідно до максимальної витрати. На кожному агрегаті встановлюється по одному деаератору. Подача живильної води в бак деаератора повинна забезпечувати роботу агрегату не менше 3,5 хвилин. Деаератори забезпечені подачею резервної пари для підтримки в ньому тиску при скиданні навантаження і деаерації води при пусках.

Максимальна витрата живильної води:

$$D_{пв} = (1 + \beta) \cdot n \cdot D_{\kappa}^{ном} = (1 + 0.01) \cdot 1 \cdot 1000 = 1010 \frac{м}{ч}; \quad (3.85)$$

де β - витрата пари на власні потреби котла в частках паропродуктивності котла.

Мінімальна корисна потужність бака деаератора:

$$V_{\text{бодн}} = \tau^{\text{мин}} \cdot \frac{g \cdot D_{пв}}{60} = 3.5 \cdot \frac{1.1 \cdot 1010}{60} = 64.81 м^3; \quad (3.86)$$

де - $g = 1.1 \frac{м^3}{т}$ – питомий об'єм води.

– Вибираємо деаератор типу ДП-1000 з баком деаератора високого тиску БДП-100 корисною місткістю 100 $м^3$ з однією колоною продуктивністю 1000 т/год. Абсолютний тиск в деаераторі 0,6 МПа, нагрів води в деаераторі 10,40°C

– Конденсатор є частиною теплообмінного обладнання, до складу якого входить турбіна. Для Т-250/300-240 це К2-14000-1 з вбудованим променем, що становить 20% від загальної площі, і двома половинками, які можуть бути відключені циркуляцією води. Конденсатозбірник типу КД-1100-1. Конденсатор

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

поставляється в комплекті з 2-ма пароструминними ежекторами типу ЕПО-3-135-1.

В якості вихідних даних для підбору конденсатних насосів візьмемо витрата конденсату в режимі номінального навантаження агрегату в конденсатори. При цьому важливо відзначити, що це не так. У нас є такі потоки:

Таблиця 3.6 Значення споживання відносно потоків

Потоки	Споживання т/год
1. Основний конденсат з додаванням хімічно опрісненої води	600
2. Конденсат ущільнень живильного насоса	75
3. Конденсат з нагрівачів котлів	30
4. Конденсат мережевих обігрівачів	25
5. Каскад конденсату ПНД (під час запуску)	140
Взагалі $G_k^{\text{макс}} =$	860

Турбінні конденсатні насоси вибираються з одним резервним насосом: двома насосами зі 100% подачею. Орієнтовна подача насоса:

$$G_k = 1.1 \cdot G_k^{\text{макс}} = 1.1 \cdot 860 = 946 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}; \quad (3.87)$$

Тепер визначимо його на основі тиск в деаераторі і подолання опору всієї регенеративної системи і всього шляху від конденсатора до деаератора, включаючи висоту гідростатичної колони за рахунок установки деаератора на рівні 26 м для створення підпору для підвищувальних насосів.

Напір насоса перед БОУ:

$$H_{\text{кнI}} = h_{\text{боу}} + h_{\text{тр}} + h_{\text{нод}} = 55 + 10 + 15 = 80 \text{ м.вод.ст}; \quad (3.88)$$

Напір КЕН-II етапу:

$$H_{\text{кнII}} = \kappa \cdot [h_z + 102 \cdot (P_d - P_k) + \Sigma h_{\text{ном}}] = 1.2 \cdot [18 + 102 \cdot (0.686 + 0.0035) + 28.3] = 139.95 \text{ м.вод.ст}; \quad (3.89)$$

						Арк
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Де $\Sigma h_{\text{пот}} = h_{\text{пнд}} + h_{\text{оу}} + h_{\text{тр}} + h_{\text{пит.кл}} = 4 \times 3.1 + 3.2 + 5 + 7.7 = 28.3$ – сума втрат напору в трубопроводах і регенеративних нагрівачах зрідженого газу. (3.90)

Для турбіни з БОУ встановлюють два ступені конденсатних насосів: з невеликим напором після конденсатора і з повним напором після БОУ.

– Приймаємо до монтажу насоси першого ступеня (КНТ-1) 3×КСВ-500-85 потужністю $500 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$, напором 85 м і потужністю електродвигуна 200 кВт.

– Насоси другого ступеня (КНТ-II) 3×КСВ-500-150 продуктивністю $500 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$, напором 180 м і потужністю електродвигуна 320 кВт.

3.9.2 Вибір живильних насосів

В електростанції з блочною схемою подача живильних насосів визначається максимальною витратою живильної води для живлення котлів з запасом не менше 5%. На цьому агрегаті з надкритичними параметрами встановлено 1 насос з турбоприводом зі 100% витратою. Крім того, встановлюємо насос з електроприводом і гідромурфтою з витратою 30-50%.

Для запобігання кавітації і підвищення надійності живильних насосів, а також для створення необхідного тиску на всмоктуванні живильного насоса. Встановлюємо попередньо встановлені низькообертові підвищувальні насоси (БЕН) 3×ПД-650-160 потужністю $650 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$, напором 160 м і потужністю електродвигуна 330 кВт. Розрахунковий напір живильного насоса повинен перевищувати тиск пари на виході з котла з урахуванням втрат тиску на шляху і необхідної висоти підйому води.

Тиск насоса на виході:

										Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата						

$$P_{\text{вх}} = P_0^{\kappa} + P_{\text{ка}} + \Delta P_{\text{нн}} + P_c + \frac{\rho_n \cdot H_n}{102} =$$

$$25.02 + 4.5 + 2.5 + 0.7 + 0.384 = 33.104 \text{ МПа}; \quad (3.91)$$

Тиск на вході в бустерний насос:

$$P_{\text{вх}} = P_d - \Delta P_c^{\text{вх}} + \frac{H_g \cdot \rho_g}{102} = 0.686 - 0.01 + \frac{15 \cdot 0.909}{102} = 0.81 \text{ МПа}; \quad (3.92)$$

Знаючи витрату живильної води $D_{\text{нг}} = 1010 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$, вибираємо основний живильний турбонасос (ПТН): ПН–1100–350–24 продуктивністю $1100 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$, напором 3370м. Резервний електроживильний насос (ПЕН): ПЕ-600-300-2 продуктивністю $600 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$, напором 3200 м і електричною потужністю 6400 кВт.

Підбір обладнання для когенераційних установок ТЕЦ

Номінальна теплова потужність кранів нагріву турбін Т–250/300–240 $Q_{\text{тф}} = 1383 \frac{\text{ГДж}}{\text{ч}}$. При тисках у верхньому нагріві витяжка від 0,06 до 0,2 Мпа, в нижньому від 0,05 до 0,15 Мпа. Виходячи з цього, вибираємо мережеві обігрівачі: основний (нижній ПСГ-1) ПСГ–5000–2,5–8–І з конденсатними насосами 3×КСВ–320–160–2. 2. І пік (верхній ПСГ-2) ПСГ–5000–3,5–8–І з конденсатними насосами 3×КСВ–320–160–2 з продуктивністю $320 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$, напором 160 м і електрична потужність 250 кВт. Мережеві обігрівачі встановлюються індивідуально на турбіну без резервних корпусів.

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

У даній роботі, з метою покриття заданих теплових навантажень, розроблений проєкт теплоелектростанції.

Проектована ТЕЦ розрахована на видачу електричної потужності 750 МВт напругою 110 й 330 кВ. Основним паливом для станції є газ, резервним - мазут. На станції передбачається спорудження трьох енергоблоків потужністю 250 МВт, з турбінами Т-250/300-240, ПТ-60-30/13, Т-100/120-130, котлами барабанного типу БКЗ 420-140ГМ і одноразовими котлами КП 1000-255ГМН. У проєкті враховані економічні, технічні та екологічні аспекти роботи ТЕЦ. Проєкт має графічну частину яка складається з трьох креслень:

- теплова схема ТЕЦ;
- компоновка головного корпусу;
- генеральний план ТЕЦ.

Згідно з розрахунками, отримані наступні значення основних показників ТЕЦ:

- відносна витрата умовного палива на відпущене тепло: $b_{те} = 0,153$ (т.у.п. /Гкал)

- відносна витрата умовного палива на відпущену електроенергію:

$$b_e = 0.214 \frac{\text{т.у.п.}}{\text{МВт} \times \text{год}}$$

- капіталовкладення: $K_{ТЕЦ} = 225,7$ млн\$;

- приведені витрати: $I_{пост} = 26,93$ млн\$/рік;

Висновок щодо продовження довговічності ТЕЦ наступний: варіант 2 має хвіст з низькою ймовірністю $(20715 - 11014) \cdot 10^3 = 9701 \cdot 10^3$ \$, який довший за варіант 1, але варіант 1 має максимальне значення витрат, а також значення щільності ймовірностей для максимальних поточних витрат, яке приблизно на 1,5 пункти вище. Виходячи з вищесказаного, варіант 1 є більш прийнятним, оскільки має менші витрати на 9701000\$

						Арк
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. Методичні вказівки. Укл. Скловская Є.Г. – К: НТУУ ”КПІ”. 2000
2. Методичні вказівки. Укл. Скловська Є.Г. – К: НТУУ ”КПІ”. 2007
3. Прядко М.О. Теплові мережі, Київ: Алерта, 2005.
4. Варламов Г.Б., Дашченко О.П., Романова К.О., Вовченко Д.І., Кодь Д. С. Реалізація нової енерго-екологічної парадигми – основа сучасного сталого розвитку України у гармонії з природою. Збірник наукових статей XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення» та прийняті рішення / 11-15 вересня 2017 року (УКРНДІЕП). – С.41-45.
5. СН 245-71. Санітарні норми проектування промислових підприємств. Видавництво літератури по будівництву, 1972. 96с.
6. Діагностика теплоенергетичного устаткування теплових та атомних електричних станцій: конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В. А. Пешко, О. Ю. Черноусенко, Д. В. Риндюк.
7. Борисенко А.В., Пешко В. А. Основи теплоенергетики. Конспект лекцій. Навчальний посібник. НТУУ «КПІ», 2021.
8. Метрологія та стандартизація в теплоенергетиці. Підручник. / Л.О. Кесова, В.І. Промоскаль, В.В. Червоний / Харків: УПА, 2018
9. Спеціальні питання тепломасообміну. Підручник. Малкін Е.С., Фуртат І.Е., Журавська Н.Є. – Київ: КНУБА, 2017
10. Пугачова Т.М. Удосконалення методів підвищення довговічності парових турбін, Харків: Друкарня Мандрид, 2021.
11. Є.А. Бойко Котельні установки: Інфра-Інженерія 2021. 668с.
12. Варламов Р. Б., Шабалін Б. Р., Гриценко А.В Романова Є.А., Екологічні аспекти енерговиробництва. Об'єкти ядерної енергетики: підручник. -Х.: ФОП Бровін А.В., 2020. -276 с.

						Арк
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

13. Гавриш С.А., Гавриш А.С. Охорона праці в галузі телекомунікацій: підручник / Гавриш С.А., Гавриш А.С. – Вид. 3-тє, переробл. й доповн. – К. : Талком, 2019. – 553 с.

14. Мисак Й.П. Підвищення ефективності роботи РПП та економічності котлоагрегатів ТЕС Львів: Растр-7, 2018.

15. Горобець В.Г. Теплоенергетичні установки і системи. Київ: ЦП «Компринт», 2018.

						Арк
Зм..	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		