

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Ліберда Віталій Михайлович

УДК 621.359.4

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Обґрунтування вибору, розрахунок і підбір допоміжного обладнання для
теплоенергетичних установок міні ТЕЦ з хімічисткою.
(тема роботи)

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне
джерело

Ліберда В.М.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Денисюк Анатолій Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

к.т.н., доцент кафедри електрифікації,
автоматизації виробництва та інженерної екології
(науковий ступінь, вчене звання)

АНОТАЦІЯ

Ліберда В.М. Обґрунтування вибору, розрахунок і підбір допоміжного обладнання для теплоенергетичних установок міні ТЕЦ міні ТЕЦ з хімоочисткою.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

Основною метою роботи є здійснення вибору та розрахунок і підбір допоміжного обладнання для котлоагрегатів міні ТЕЦ та турбоустановки з хімоочисткою.

Результатом роботи є вибір та розрахунок поживних пристроїв, що забезпечують безпеку експлуатації. Для захисту від корозії поверхонь нагріву було обрано до встановлення деаератор. Для захисту від шкідливого впливу летючої золи було обрано до встановлення відповідний золоуловлювач. Для хімоочисчення пропонується введення установки одержання знесоленої води.

Ключові слова: корозія, безпека експлуатації, золоуловлювач, знесолена вода, хімоочисчення, котлоагрегат, теплообмінна апаратура, установки одержання знесоленої води.

ABSTRACT

Liberda V.M. Justification of the choice, calculation and selection of auxiliary equipment for boiler units of mini TPP and turbo plant with chemical cleaning.

Qualification work for obtaining a master's degree in specialty 141 - Electric power, electrical engineering and electromechanics - Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

The main purpose of the work is to select and calculate and select auxiliary equipment for boiler units of mini TPP and turbo plant with chemical cleaning.

The result of the work is the selection and calculation of feed devices that ensure operational safety. To protect against corrosion of heating surfaces, a deaerator was selected for installation. To protect against the harmful effects of fly

ash, a suitable ash catcher was selected for installation. For chemical water treatment, the introduction of a desalinated water production unit is proposed.

Keywords: corrosion, operational safety, ash catcher, desalinated water, chemical water treatment, boiler unit, heat exchange equipment, desalinated water production plants.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ	6
1.1. Класифікація теплових електричних станцій	6
1.2. Основні характеристики палива, що використовується на ТЕС	9
1.3. Технологічні схеми теплових електростанцій	11
Висновки за розділом 1	13
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КОТЛОАГРЕГАТІВ ТА ТУРБОУСТАНОВКИ.	14
2.1. Тягодутьова установка котлоагрегату БКЗ-75-39ФБ. Поживні пристрої. Деаераційні установки та золовловлювачі	14
Висновки за розділом 2	18
РОЗДІЛ 3. ХІМВОДООЧИЩЕННЯ ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ	19
3.1. Основні положення водно-хімічного режиму	19
3.2. Показники якості води та пари	20
3.3. Короткі відомості про вихідну воду та її якість	22
3.4. Призначення хімводоочищення	24
Висновки за розділом 3	28
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	30
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	31

ВСТУП

Актуальність роботи.

Електроенергія потрібна для технологічних агрегатів, а також освітлення, кондиціонування повітря та ін.

На відміну від електроенергії теплота може бути економічно подана на дуже великі відстані, тому кожному підприємству чи групі близько розташованих підприємств потрібно своє джерело теплоти необхідних параметрів. Такими джерелами є теплоелектроцентралі (ТЕЦ).

Тому раціональний вибір допоміжного обладнання для котлоагрегатів міні ТЕЦ та турбоустановки з хімоочисткою є важливою задачею.

Метою роботи є здійснення вибіру та розрахунок і підбір допоміжного обладнання для міні ТЕЦ з хімоочисткою.

Досягнення поставленої мети у роботі вирішуються наступні задачі:

1. Аналіз технологічних схем теплових електростанцій.
2. Вибір та розрахунок поживних пристроїв та системи хімоводоочищення, що є обов'язковими пристроями і відповідальними елементами міні ТЕЦ, забезпечуючи безпеку і безаварійність її експлуатації.

Об'єктом дослідження є аналіз технологічних схем теплових електростанцій, щодо вибору та розрахунку допоміжного обладнання та системи хімоводоочищення.

Предметом дослідження є котлоагрегат та турбоустановки.

Методи досліджень. При виконанні досліджень, використовувалися методи системного аналізу, методи математичного моделювання, методи вибору компромісних рішень, засновані теорії ігор (теорія контрактів).

Практична значимість результатів роботи:

Розроблені методи розрахунку турбоагрегату міні ТЕЦ, що дозволяють:

1. Здійснити розрахунок і підбір допоміжного обладнання для котлоагрегатів міні ТЕЦ та турбоустановки з хімоочисткою, в залежності від потреб споживача та використаного палива.

2. У подальшому модернізувати котлоагрегати та турбоустановки при розширення виробництва.

Перелік публікацій автора за темою дослідження:

Ліберда В.М. ХІМВОДООЧИЩЕННЯ КОТЕЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Матеріали науково практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та здобувачів вищої освіти факультету інженерії та енергетики «Студентські читання - 2024». 31 жовтня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. - С 60-63.

Ліберда В.М., Шкадюк Р.О. ЗАХИСТ КОТЛОАГРЕГАТУ

Наукові читання – 2025: збірник тез доповідей науково-практичної конференції за підсумками І-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 23 квітня 2025 р. Житомир: Поліський національний університет, 2025. - С 59-61.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ.

1.1. Класифікація теплових електричних станцій

Електричні станції (ЕС) класифікують за видом використовуваної природної (первинної) енергії [4]:

- теплові електричні станції (ТЕС), що використовують топливо органічного походження;
- атомні електростанції (АЕС), що використовують атомну енергію;
- електростанції, що використовують так звані відновлювані джерела енергії: гідро-ЕС (ГЕС), у яких електрична енергія виробляється за рахунок механічної енергії води рік; вітро-ЕС (ВЕС), у яких перетворюється енергія вітру; геліо ЕС, у яких перетворюється сонячна радіація, і навіть ЕС, у яких використовується геотермальна енергія, енергія біомаси тощо.

Теплові електростанції можна класифікувати за такими ознаками [2].

1. По виду енергії, що відпускається:

- конденсаційні електричні станції (КЕС), що відпускають лише (переважно) електричну енергію;
- теплоелектроцентралі (ТЕЦ), що відпускають електричну та теплову енергію (у вигляді пари чи гарячої води).

Централізоване теплопостачання споживачів з використанням відпрацьованої теплоти турбін та виробленням електроенергії на базі теплового споживання називають теплофікацією. Турбіни відповідного типу називають теплофікаційними.

Таким чином, розрізняють ТЕЦ з комбінованим виробленням електричної енергії та теплоти та енергоджерела з роздільним

виробленням цих видів енергії на КЕС у котельнях.

2. По виду теплового двигуна:

- з паротурбінними установками (ПТУ) – паротурбінні ТЕС;
- з газотурбінними установками (ГТУ);
- парогазові ТЕС;
- дизельні електростанції, газопоршневі електростанції (ДПЕМ).

3. За призначенням:

- районні електростанції загального користування: конденсаційні електростанції (ДРЕС) та теплоелектроцентралі (ТЕЦ); при цьому розрізняють опалювальні ТЕЦ, що відпускають теплоту з мережевою водою для опалення та гарячого водопостачання населення, та промислово-опалювальні ТЕЦ, що відпускають як теплоту з мережевою водою для опалення та гарячого водопостачання населення, так і пар для потреб підприємств;
- промислові, що входять до складу виробничих підприємств.



Запорізька ТЕС (3600 МВт) — одна із найпотужніших ТЕС України (ділить 1-2 місця з Вуглегірською ТЕС)



Вуглегірською ТЕС потужністю 3600 МВт



Південно-Українська АЕС потужністю 3000 МВт

4. За рівнем початкового тиску розрізняють паротурбінні установки:

- низького тиску: до 2,9 МПа);
- середнього тиску: 3,9 МПа;
- високого: 8,8 ... 12,75 ... 16,7 МПа;
- надкритичного: 23,5 МПа і вище.

1.2. Основні характеристики палива, що використовується на ТЕС

Енергетичні ресурси надходять на електростанції у вигляді палива речовини, що використовується з метою отримання теплової, механічної та електричної енергії.

Паливо можна поділити на дві основні групи [2]:

- органічне, що виділяє теплоту в результаті хімічних реакцій з окислювачем;
- ядерне, здатне виділяти теплоту при ланцюгових реакціях розпаду ядер деяких ізотопів важких елементів (урану, плутонію).

За способом одержання органічне паливо підрозділяють на природне та штучне, одержуване в результаті переробки природного палива.

Викопне природне паливо - це паливо, накопичене в надрах Землі є продуктом біохімічних та хімічних перетворень органічної речовини рослин та мікроорганізмів, що протікали з різною швидкістю у напрямку поступового обуглерожування (вуглефікації) палива, тобто. підвищення у ньому вмісту вуглецю та зменшення кількості кисню та водню.

На ТЕС та котельнях спалюється переважно природний газ, на частку якого припадає від 90 до 94% сумарного споживання палива у цьому секторі. На другому місці – мазут; його частка в паливному балансі знаходиться в межах 2... 4%. Середній вміст сірки в мазуті, що спалюється на електростанціях, становить 2,4...2,5% [4].

У відносно невеликих кількостях спалюється тверде паливо: переважно дрова, деревні відходи та торф.

Із подальшим введенням АЕС річний обсяг закупівель природного газу має суттєво скоротиться.

У загальному випадку склад органічного палива можна розділити на горючу (вуглець, водень і сірка) та негорючу (кисень, азот, мінеральні речовини та волога) частини.

Особливістю твердих та рідких палив є складність хімічного складу входять до них органічних сполук, тому склад палива визначається за відсотковим змістом ув'язнених у ньому хімічних елементів. При цьому умовно вважають, що паливо складається з перерахованих елементів, що знаходяться у вільному стані у вигляді механічної суміші [2].

Газоподібне паливо, що являє собою механічну суміш досить простих вуглеводнів та інших відомих сполук, оцінюється за часткою цих сполук (горючих та негорючих газів).

У пальну частину можуть входити окис вуглецю, водень, граничні вуглеводні і іноді сірководень. У негорючу частину можуть входити кисень, азот, двоокис вуглецю та різні домішки (водяні пари, смоли, пил тощо).

Основна характеристика палива-це теплота згоряння Q .

Під теплою згоряння розуміють кількість тепла в кДж, яке виділяє за повного згоряння 1 кг твердого або рідкого палива, або 1 м³ газоподібного палива за нормальних фізичних умов.

Розрізняють вищу (v') і (ϕ_i') нижчу теплоту згоряння.

У газоподібних продуктах згоряння будь-якого палива містяться водяні пари, що утворюються внаслідок згоряння водню та випаровування вологи палива. Якщо продукти згоряння охолодити до

конденсації водяної пари, що в них міститься, звільниться тепло, витрачене на пароутворення вологи [1].

Під вищою теплотою згоряння розуміють все тепло, що виділилося при згорянні одиниці палива, включаючи тепло конденсації водяної пари.

Під нижчою теплотою згоряння розуміють теплоту згоряння, яка враховує тепло конденсації водяної пари, що міститься у продуктах згоряння палива.

У промислових установках, що спалюють паливо, у теплових двигунах різного типу газоподібні продукти згоряння викидаються в атмосферу, як правило, при температурах коли конденсації водяної пари не відбувається і, отже, теплота їх конденсації не вивільняється для використання [1].

1.3. Технологічні схеми теплових електростанцій

(на прикладі паротурбінних)

Як приклад розглянемо роботу паротурбінної теплової електростанції, що спалює природний газ та мазут.

Основними елементами аналізованої електростанції є котельна установка, що виробляє пар високих параметрів [2];

Основним елементом котельної установки є казан.

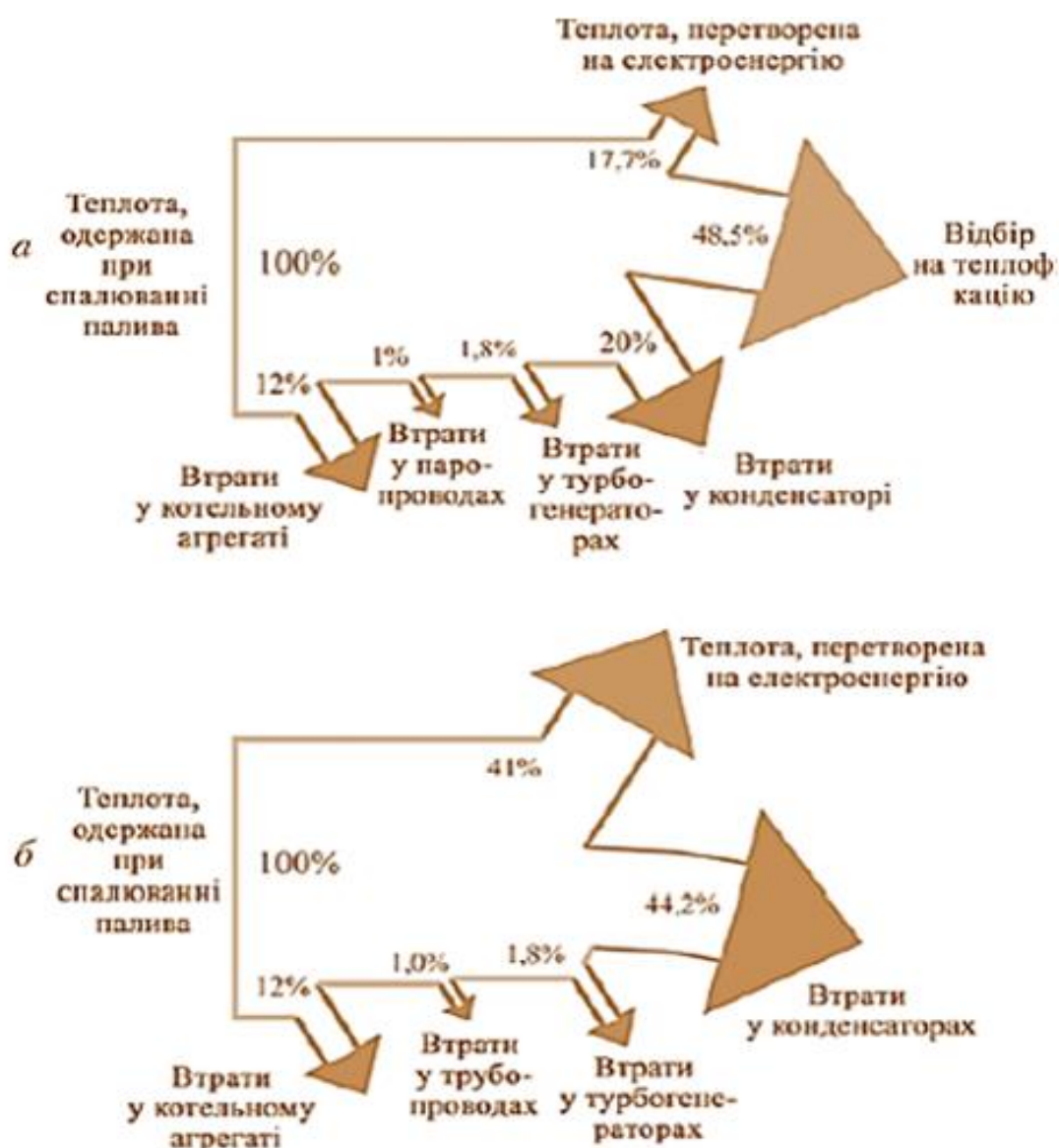
Котел, і турбіна можуть працювати тільки при дуже високій якості поживної води та пари, що допускає лише нікчемні домішки інших речовин. Крім того, витрати пари величезні (наприклад, в енергоблоці 1200 МВт за 1 с випаровується, проходить через турбіну та конденсується понад 1 т води). Тому нормальна робота енергоблоку можлива лише при створенні замкненого циклу циркуляції робочого тіла високої чистоти.

У конденсаційних ТЕС (КЕС) створюються умови для максимально повного перетворення потенційної енергії пари,

виробленого в котлі, механічну енергію обертання ротора турбогенератора (при максимально можливому розширенні пари в проточній частині турбіни), а потім і в електричну енергію [1].

Теплоелектроцентралі (ТЕЦ) мають кращі показники проти КЕС [4].

Принципова відмінність атомних електростанцій (АЕС) від ТЕС у тому, що замість котельних установок, що використовують органічне паливо, використовується ядерний реактор [2].



Тепловий баланс: а – з теплоелектроцентралі ТЕС; б – конденсаційної електростанції КЕС

На АЕС широко застосовується насичена пара. Це пояснюється тим, що у ряді випадків перегрів пари безпосередньо в ядерному реакторі дуже ускладнює конструкцію реактора і схему установки, що вимагає суттєвих додаткових капітальних витрат. Водночас на АЕС вартість палива (ядерного пального), віднесена до одиниці виробленої енергії, є значно нижчою, ніж на електростанціях звичайного типу. Тому тут виробництво електроенергії на менш дорогих установках навіть за нижчих значень ККД економічно виправдане [1].

ВИСНОВКИ ЗА 1 РОЗДІЛОМ

Теплові електростанції перетворюють природну енергію в електричну та теплову. Вони класифікуються за джерелом енергії (виробні, атомні, відновлювані) та типом (конденсаційні, теплоелектроцентралі, промислові). Теплові електростанції можна класифікувати за призначенням (районні, промислові) та технологічною структурою (блочні, неблочні). Основними характеристиками палива, що використовується на теплових електростанціях, є його теплотворна здатність, склад і тип (органічне, ядерне). Технологічна схема паротурбінної електростанції включає котельню, турбіну та конденсатор. Принципова відмінність між атомними та тепловими електростанціями полягає у використанні ядерного реактора замість котла.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КОТЛОАГРЕГАТІВ ТА ТУРБОУСТАНОВКИ.

2.1. Тягодутьова установка котлоагрегату БКЗ-75-39ФБ.

Зробимо розрахунок та вибір димососа за методикою [3] в наступній послідовності:

1. Підрахуємо витрату газів у димососа, м³/с

$$V_D = B_P \cdot (V_{yX.\Gamma} + \Delta\alpha \cdot V^0) \cdot \frac{v_D + 273}{273}, \quad (2.1)$$

де B_P – розрахункова витрата палива,

$$B_P = 9,69 \text{ кг/сек};$$

$V_{yX.\Gamma}$ – обсяг продуктів горіння на 1 кг палива при надлишку повітря за повітропідігрівачем,

$$V_{yX.\Gamma} = 2,963 \text{ м}^3/\text{кг};$$

$\Delta\alpha$ – присос повітря в газопроводах за повітропідігрівачем,

$$\Delta\alpha = 0,05;$$

V^0 – теоретична кількість повітря на 1 кг палива,

$$V^0 = 1,11 \text{ м}^3/\text{кг};$$

v_D – температура газів у димососу:

$$v_D = \frac{\alpha_{yX} \cdot \vartheta_{yX} + \Delta\alpha \cdot t_{X.B}}{\alpha_{yX} + \Delta\alpha} = \frac{1,64 \cdot 180 + 0,05 \cdot 30}{1,64 + 0,05} = 175,56^\circ\text{C} \quad (2.2)$$

де α_{yX} і ϑ_{yX} - надлишок повітря в газах, що йдуть (за повітропідігрівачем) та їх температура, $\alpha_{yX}=1,64$ та $\vartheta_{yX}=180^\circ\text{C}$ [3].

Тоді витрата газів у димососу становитиме:

$$V_{\text{Д}} = 9,69 \cdot (2,963 + 0,05 \cdot 1,11) \cdot \frac{175,56+273}{273} = 47,39 \text{ м}^3/\text{с}.$$

2. Визначимо розрахункову продуктивність машини, $\text{м}^3 / \text{год}$ [3]:

$$Q_P = \beta_1 \cdot V_{\text{Д}} \cdot \frac{760}{h_{\text{БАР}}} = 1,05 \cdot 170604 \cdot \frac{760}{740} = 183975,7 \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.3)$$

де $V_{\text{Д}}$ – витрата газів при номінальному навантаженні котла,

$$V_{\text{Д}} = 47,39 \cdot 3600 = 170604 \text{ м}^3 / \text{год};$$

β_1 – коеф. запасу за продуктивністю;

$$\beta_1 = 1,05;$$

$h_{\text{БАР}}$ – барометричний тиск,

$$h_{\text{БАР}} = 740 \text{ мм рт. ст.}$$

3. Визначимо розрахунковий повний тиск машини, Па [3]:

$$H_P = \beta_2 \cdot \Delta H_{\Pi}, \quad (2.4)$$

де β_2 – коеф. запасу за тиском,

$$\beta_2 = 1,1 ;$$

ΔH_{Π} – перепад повних тисків у тракті при номінальному навантаженні котла,

$$\Delta H_{\Pi} = 198,18 \text{ кг/м}^2 = 1944 \text{ Па}.$$

$$H_P = 1,1 \cdot 198,18 = 218 \text{ кг/м}^2 [2138,58 \text{ Па}] \quad (2.5)$$

Характеристика машини, за формулою [2]:

$$H_P^{\text{ПР}} = K_\gamma \cdot H_P, \quad (2.6)$$

де
$$K_\gamma = \frac{1,293}{\gamma^0} \cdot \frac{T}{T_{\text{ЗAB}}} \cdot \frac{760}{h_{\text{БАР}}} = \frac{1,293}{1,17} \cdot \frac{175,56+273}{200+273} \cdot \frac{760}{740} = 1,066, \quad (2.7)$$

$$H_P^{\text{ПР}} = 1,066 \cdot 218 = 232 \text{ кг/м}^2 [2130 \text{ Па}] \quad (2.8)$$

Вибираємо димосос двостороннього всмоктування за рекомендаціями ([9] типу Д – 15½ * 2, $n = 730 \text{ об / хв}$, $\eta_E = 63\%$.

4. Обчислюємо потужність, що споживається димососом, кВт [4]:

$$N = \frac{Q_P \cdot H_P^{\text{ПР}}}{\eta_E \cdot 3670} \cdot \frac{\gamma^0}{1,293} \cdot \frac{T_{\text{ЗAB}}}{T} \cdot \frac{h_{\text{БАР}}}{760} = \frac{184 \cdot 10^3 \cdot 232}{63 \cdot 3670} \cdot \frac{1,17}{1,293} \cdot \frac{(200+273)}{(175,56+273)} \cdot \frac{740}{760} = 171,53 \text{ кВт} \quad (2.9)$$

5. Визначаємо розрахункову потужність електродвигуна, кВт [4]:

$$N_{\text{ДВ}} = \beta_3 \cdot N = 1,1 \cdot 171,53 = 188,68 \text{ кВт} \quad (2.10)$$

Вибираємо електродвигун поі приймаємо до встановлення асинхронний електродвигун типу 4А315М2У3 із $P_{\text{НОМ}} = 200 \text{ кВт}$

Зробимо розрахунок та вибір дутьового вентилятора за методикою [3] в наступній послідовності:

1. Визначимо кількість холодного повітря, що засмоктується дутьовим вентилятором, $\text{м}^3 / \text{с}$

$$V_{\text{Х.В}} = B_P \cdot V^0 \cdot (\alpha_T - \Delta\alpha_T + \Delta\alpha_{\text{ВП}}) \cdot \frac{t_{\text{Х.В}}+273}{273}, \quad (2.11)$$

Тоді кількість холодного повітря

$$V_{\text{Х.В}} = 9,69 \cdot 1,11 \cdot (1,4 - 0,05 + 0,05) \cdot \frac{30+273}{273} = 16,71 \text{ м}^3/\text{с}.$$

2. Далі розрахунок вентилятора аналогічний розрахунку димососа, тому наведемо лише остаточні дані:

$$Q_P = 63164 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$\Delta H = 103,6 \text{ кг/м}^2 [1016,3 \text{ Па}];$$

$$H_p = 113,96 \text{ кг/м}^2 [1118 \text{ Па}];$$

$$K_\gamma = 1,2;$$

$$H_p^{\text{ПР}} = 136,29 \text{ кг/м}^2 [1337 \text{ Па}];$$

$$N = 23,4 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{ДВ}} = 24,57 \text{ кВт}.$$

Вибираємо дутьовий вентилятор за рекомендаціями [3] типу

ВДН –12,5–11, $n = 970 \text{ об / хв}$, $E = 80\%$.

Вибираємо електродвигун по і приймаємо до встановлення асинхронний електродвигун типу 4A225M8У3 із $P_{\text{НОМ}} = 30 \text{ кВт}$.

Визначимо розрахунковий напір живильного насоса, керуючись [3], Па

$$P_{\text{НАС}} = 1,1 \cdot [P_K \cdot (1 + \Delta P) + P_{\text{ЭК}} + P_{\text{ПВД}} + P_{\text{ТР}}^{\text{НАГ}} + P_{\text{ТР}}^{\text{BC}} + P_{\text{СВ}} - P_{\text{Д}}], \quad (2.12)$$

$$P_{\text{НАС}} = 1,1 \cdot [4,0 \cdot (1 + 0,2) + 0,17 + 0 + 0,2 + 0,01 + 0,095 - 0,12] = 5,155 \text{ МПа}.$$

Визначимо розрахункову продуктивність поживних насосів з електроприводом, $\text{м}^3 / \text{год}$.

$$Q_{\text{ПЭН}} = 1,1 \cdot \left(1 + \frac{\pi}{100}\right) \cdot D = 1,1 \cdot \left(1 + \frac{3}{100}\right) \cdot 75 = 85 \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.10)$$

Вибираємо живильний електронасос для котлів із тиском пари до 13,7 МПа за рекомендацією [3] типу ПЕ –100–56, $V = 100 \text{ м}^3 / \text{год}$, $H = 540 \text{ м}$, $n = 2965 \text{ об / хв}$, $N = 232 \text{ кВт}$, $\eta_e = 66\%$.

ВИСНОВКИ ЗА 2 РОЗДІЛОМ

Для забезпечення цих вимог в роботі був здійснений розрахунок та вибір димососа. Було обрано до встановлення асинхронний електродвигун типу 4A315M2Y3 із $P_{\text{НОМ}}=200$ кВт. Крім того був здійснений розрахунок та вибір дутьового вентилятора. Було обрано до встановлення асинхронний електродвигун типу 4A225M8Y3 із $P_{\text{НОМ}}=30$ кВт.

Летюча зола, що міститься в димових газах, і частки незгорілого палива надають шкідливий вплив. Було обрано до встановлення золоуловлювач двоступінчастий типу ДВП-2 *16,5-бц.

РОЗДІЛ 3

ХІМВОДООЧИЩЕННЯ ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ.

3.1. Основні положення водно-хімічного режиму.

Безаварійна та економічна експлуатація обладнання ТЕЦ значною мірою обумовлюється комплексом технологічних заходів, які визначаються терміном «водно-хімічний режим» [5].

Водно-хімічним режимом називається сукупність заходів, що забезпечують роботу основного та допоміжного обладнання електростанції без пошкоджень та зниження економічності, що викликаються корозією внутрішніх поверхонь нагріву, утворенням відкладень на теплопередаючих поверхнях та в проточній частині турбін, шламу в обладнанні, насосах, трубопроводах.

Водно-хімічний режим ТЕЦ забезпечується [5]:

- підготовкою хімобезсоленої та хімочищеної води;
- корекційною обробкою поживної та котлової води;
- антикорозійним захистом обладнання та трубопроводів;
- видаленням корозійно-активних газів термічним та хімічними способами;
- виведенням солей за допомогою продувок котлів;
- консервацією обладнання на час простоїв обладнання;
- постійним контролем якості води, пари та конденсату;
- контролем за внутрішнім станом поверхонь нагріву;
- своєчасним виконанням хімічних очищень обладнання.

Водно-хімічний режим підтримується якістю води, яка має відповідати вимогам чинних нормативних документів та забезпечувати роботу обладнання без пошкоджень та зниження економічності. Погіршення якості води призводить до утворення відкладень солей та продуктів корозії у тракці ТЕЦ,

що погіршує теплопередачу, збільшує гідравлічний опір та призводить до перевитрати палива.

3.2. Показники якості води та пари.

Нормовані показники якості поживної води при гідразинно-аміачному та фосфатному режимах [5].

Таблиця 3.2.1

Найменування показника	Значення показника
	4 МПа
1	2
жорсткість, мг-екв/дм ³	не більше 1
кремнієва кислота, мкг/дм ³	не більше 120
натрій, мкг/дм ³	не нормується
кисень, мкг/дм ³	не більше 10
аміак, мг/дм ³	не більше 1,0
гідразин, мкг/дм ³	100-150
рН, ум. од.	9,1±0,1
сполуки заліза, мкг/дм ³	не більше 20
з'єднання міді, мкг/дм ³	не більше 5
сума нітритів та нітратів, мкг/дм ³	не більше 20
нафтопродукти, мг/дм ³	не більше 0,3

Обмеження жорсткості поживної води спричинене необхідністю зниження утворення шламу в котлі та запобігання його прикипанню до поверхонь нагріву [5].

Нормування вмісту кремнієвої кислоти необхідне забезпечення чистоти насиченої пари, яке залежить від кремнієвості як котлової, і поживної води.

Обмеження кількості аміаку, що практично повністю переходить у котлі в пару, викликане необхідністю захисту від аміацької корозії мідьвмісного обладнання, що протікає в присутності кисню, аміачної корозії і запобігання забруднення конденсату сполуками міді.

Зміст з'єднань міді нормується з умов запобігання утворенню мідних відкладень в екранних трубах котлів під час роботи з максимальними тепловими навантаженнями. Підвищення вмісту міді свідчить про інтенсифікацію корозії обладнання, що містить мідь [5].

Підвищення вмісту заліза у поживній воді є непрямим показником перебігу корозії у пароводяному тракті. При значному вмісті заліза на поверхні нагріву відбуватиметься утворення залізо-окисних відкладень.

Нітрити та нітрати можуть утворювати в котлі азотисту та азотну кислоти, що стимулюють перебіг корозії.

Вміст нафтопродуктів (олій) у поживній воді обмежується у зв'язку з різким збільшенням термічного опору екранних труб при утворенні маслянистої плівки на поверхні металу. Крім того, наявність навіть незначних кількостей олії та інших нафтопродуктів у воді може спричинити підвищене спінювання котлової води та її крапельний винос [5].

Нормування якості насиченої та перегрітої пари необхідно для запобігання занесення солями пароперегрівачів та проточної частини турбін.

Таблиця 3.2.2

Нормовані показники якості насиченої та перегрітої пари.

Найменування показника	Значення показника
	4 МПа
кремнієва кислота, мкг/дм ³	не більше 25,0
натрій, мкг/дм ³	не більше 25,0
рН, умов. од.	не менше 7,5

Погіршення показників пари свідчать або про погану роботу сепараційних пристроїв при стабільному режимі роботи котла, або про погіршення якості живильної або котлової води.

Для забезпечення надійної та економічної роботи котлів та забезпечення якості пари відповідно до норм якостей котлової води при роботі на гідразинно-аміачному та фосфатному режимі повинна бути такою [5]:

Таблиця 3.2.3

Найменування показника	Значення показника
	4 МПа
кремнієва кислота, мг/дм ³ чистий відсік сольовий відсік	не більше 2,2 не більше 9,0
фосфати, мг/дм ³ чистий відсік сольовий відсік	не більше 2,0-6,0 не більше 30,0
рН, умов. од чистий відсік сольовий відсік	не нижче 9,3 не вище 11,2
лужність фф/заг, мг-екв/дм ³	$\text{Щ}_{\text{фф}} \geq 0,5 \text{ Щ}_{\text{заг}}$

3.3. Короткі відомості про вихідну воду та її якість.

Для отримання знесоленої та хімічищеної води як вихідна використовується вода р. Дніпро. Повний аналіз вихідної річкової води р. Дніпро характеризує наявність наступних показників: сухий залишок, загартований залишок, загальний солевміст (сума катіонів та аніонів), значення рН, жорсткість загальна, лужність: (карбонатна, бікарбонатна, гідратна), окислюваність, Mg^{2+} , Na^{+} , NH_4^{+} , Fe^{3+} та ін.), аніони (SO_4^{2-} , Cl^{-} , HCO_3^{-}

, NO_3^- , NO_2^-), силікати (SiO_3^{2-} , HSiO_3^-), розчинений кисень (O_2), вільна вуглекислота (CO_2), вміст завислих речовин, прозорість, кольоровість. Склад річкової води може змінюватися і іноді дуже сильно по порах року або через інші причини, наприклад, в результаті періодичних скидів в річку стічних вод.

За ступенем дисперсності домішки природних поверхневих вод поділяються на грубодисперсні, колоїдно-дисперсні та істинно-розчинені речовини.

Грубодисперсні домішки складаються з органічних речовин, піску та глини, які змиваються з поверхні землі дощами та талими водами та є механічними домішками. Грубодисперсні домішки є частинками з розміром більше 100 нм. Грубодисперсні частинки розподіляються в масі води гравіметрично, осаджуються під дією сили тяжіння і затримуються матеріалами, що фільтрують [5].

Колоїдно-дисперсні домішки мають розміри від 1 до 100 нм.

Газовими домішками у природній воді є гази, розчинені у воді внаслідок контакту води з повітрям (O_2 , CO_2 , N_2), та гази, що утворюються в результаті біохімічних процесів (H_2S , SO_2 , NH_3).

Різні сполуки кремнієвої кислоти дуже поширені у природних водах. Загальна формула кремнієвої кислоти $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Кремнієва кислота при нейтральних і слаболужних значеннях pH малорозчинна і здатна утворювати у воді колоїдні розчини. В результаті аналізів зазвичай отримують сумарну концентрацію кремнесодержащих сполук, умовно виражену у вигляді SiO_2 - так зване кремнеміст води.

Органічні домішки, що потрапляють у відкриті водоймища в результаті вимивання з ґрунтів та торфовищ, зазвичай об'єднують під загальною назвою окислюваність. Крім того, поверхневі води збагачуються органічними речовинами внаслідок відмирання водної флори та фауни з подальшими процесами їхнього хімічного та біологічного розпаду, а також надходження в

них недостатньо очищених побутових, виробничих та сільськогосподарських стоків [5].

Найважливішими показниками якості води, що визначають її придатність для використання на ТЕЦ, є вміст зважених речовин, рН, сухий залишок, жорсткість, лужність, окислюваність, вміст корозійно-агресивних газів O_2 і CO_2 .

Окислюваність води – показник, що визначає ступінь забруднення води органічними речовинами.

Кількісний та якісний склад вихідної річкової води нар. Дніпро залежить від метеорологічних умов і схильний до сезонних коливань. Так, у весняний та осінній паводкові періоди, вода містить нижчу кількість розчинених солей, проте характеризується вищою кількістю зважених та колоїдних домішок, що захоплюються з поверхні ґрунту дощовими та талими водами. У зимовий та літній періоди (зимовий та літній межі) внаслідок живлення поверхневого водостоку тільки підземними водами солеміст води підвищується [5].

Як, видно з вищевикладеного, використання води, що містить всілякі домішки, для технологічних цілей без її попереднього очищення неможливо.

3.4. Призначення хімводоочищення.

Основним призначенням хімводоочищення є підготовка води для живлення парових котлів середнього тиску 4,0 МПа, очищення від забруднень виробничого конденсату, що йде на харчування парових котлів.

На ТЕЦ, що проектується, до складу хімводоочищення входять такі об'єкти [5].

1. Установа одержання знесоленої води. Отримання знесоленої води досягається послідовним проведенням наступних технологічних операцій:
 - очищення вихідної річкової води вапнуванням та коагуляцією в освітлювачах;

- фільтраційне освітлення води, що пройшла освітлювач, на механічних фільтрах;
- обробка води методом іонного обміну на водень-катіонітових та аніонітових фільтрах першого та другого ступеня з декарбонізацією після аніонітових фільтрів першого ступеня;
- амінування знесоленої води.

Необхідність видалення з води грубодисперсних та колоїдних домішок на стадії попереднього очищення води впливає з вимог покращення показників якості води для наступних стадій очищення на іонообмінних матеріалах.

Попереднє очищення води здійснюється шляхом її вапнування та коагуляції. При цьому, поряд з видаленням колоїдних речовин відбувається зниження карбонатної (тимчасової) жорсткості, лужності, вмісту заліза, кремнекислоти, окислюваності і величини сухого залишку [5].

Ці процеси здійснюються в освітлювачах.

Якість обробленої в освітлювачі води визначається за такими показниками [5]:

- жорсткість;
- лужність загальна та гідратна;
- рН;
- вміст суспензії (прозорість).

Для контролю роботи освітлювача у вихідній та вапняно-коагульованій воді додатково визначаються [5]:

- вміст заліза;
- вміст кремнекислоти;
- окислюваність.

На протікання процесу обробки вихідної води вапнуванням і коагуляцією впливають такі фактори: якість вихідної води, її температура, використання шлам, що раніше випав, в якості контактної середовища, застосування

флокулянту, стабільність дозування реагентів, стабільність витрати води, що подається в освітлювач, ступінь видалення повітря в повітровідділювачі.

У воді багатьох поверхневих джерел у період паводку різко знижується лужність і одночасно збільшуються вміст суспензій і кремнекислоти (в т.ч. нереакційної), окислюваність і кольоровість. Щоб при цьому зберегти необхідний ефект очищення води, потрібна зміна дози реагентів. В результаті склад і властивості осаду, що утворюється істотно змінюються [5].

При підігріві оброблюваної води прискорюються процеси хімічної взаємодії і кристалізації речовин, що утворюються, покращуються умови виділення осаду через зменшення в'язкості води. Внаслідок цього інтенсифікуються процеси обробки води, що дозволяє зменшити розрахункову тривалість перебування води в освітлювачі та збільшити допустиму швидкість руху води через нього.

Оптимальна температура води знаходиться в межах від 30 до 40 °C і уточнюється в процесі налагодження. Збільшення температури сприяє більш ефективному пом'якшенню води.

Зважені речовини, що містяться в освітленій воді, при русі через фільтруючий матеріал затримуються ним, і вода освітлюється. про поверхню зерен фільтруючого матеріалу, що характеризується так званою величиною втрати напору [5].

Видалення катіонів та аніонів здійснюється за допомогою іонообмінних матеріалів. Видалення розчинених газів (CO_2) здійснюється шляхом декарбонізації води.

Видалення з води істинно-розчинених домішок (катіонів та аніонів) здійснюється шляхом фільтрування води через матеріал, здатний обмінювати частину своїх іонів на іони, розчинені у воді. Такі зернисті матеріали називають іонітом або іонообмінними матеріалами.

Декарбонізація називається процес видалення з води вільної вугільної кислоти, яка утворюється в значній кількості при Н-катіонування води.

Видалення вугільної кислоти необхідно, щоб уникнути передчасного спрацювання аніонітових фільтрів II-го ступеня і проводиться шляхом продування повітря через воду [5].

При цьому вуглекислота, що знаходиться у воді, приходить у рівновагу з вуглекислою, що міститься у повітрі. Так як парціональний тиск вуглекислоти в повітрі мало, вміст її у воді може бути знижений до 2-3 мг/л.

Залишковий вміст вуглекислоти залежить від температури води, величини поверхні контакту з повітрям, витрати повітря на продування.

Для запобігання вуглекислотній корозії обладнання пароконденсатного тракту та тракту живильної води на електростанціях застосовується аміачна обробка знесоленої води [5].

Перелік основного обладнання знесолювальної установки, включаючи очищення.

Таблиця 3.4.1

№ п/п	Найменування обладнання	Технічна характеристика	Кількі сть	Призначення обладнання
1	2	3	4	5
1.	1.1. Освітлювач № 1 типу ЦНДІ-1	$Q = 50 \text{ м}^3/\text{год}$	1	Використовується як резервна ємність для зберігання вихідної (річкової) води
	1.2. Освітлювач № 2 типу ЦНДІ-1	$Q = 50 \text{ м}^3/\text{год}$	1+1	Для видалення колоїдних, дрібно та грубодисперсних домішок, зниження жорсткості
2.	Баки вапняно- коагульованої води	$V = 100 \text{ м}^3$ $\varnothing 6630 \text{ мм}$	1	—//—
3.	Фільтр механічний (освітлювальний)	$\varnothing 2600 \text{ мм}$ $H_{\text{сл}} = 1 \text{ м}$	2	Освітлення вапняно- коагульованої води.

ВИСНОВОК ЗА 3 РОЗДІЛОМ

Безаварійна та економічна експлуатація обладнання ТЕЦ значною мірою обумовлюється комплексом технологічних заходів, які визначаються терміном «водно-хімічний режим». Водно-хімічний режим підтримується якістю води, яка має відповідати вимогам чинних нормативних документів та забезпечувати роботу обладнання без пошкоджень та зниження економічності. Погіршення якості води призводить до утворення відкладень солей та продуктів корозії у тракці ТЕЦ, що погіршує теплопередачу, збільшує гідравлічний опір та призводить до перевитрати палива.

В результаті аналізу складу води, до структури ТЕЦ рекомендується ввести необхідні об'єкти і здійснити процедуру хімводоочищення.

Для цього пропонується введення дл складу ТЕЦ установки одержання знесоленої води, де здійснюються наступні операції:

- Попереднє очищення води здійснюється шляхом її вапнування та коагуляції. Ці процеси здійснюються в освітлювачах.
- Видалення катіонів та аніонів здійснюється за допомогою іонообмінних матеріалів.
- Видалення розчинених газів (CO_2) здійснюється шляхом декарбонізації води.
- Для запобігання вуглекислотній корозії обладнання пароконденсатного тракту та тракту живильної води на електростанціях застосовується аміачна обробка знесоленої води.

Якість обробленої в освітлювачі води визначається за такими показниками:

- жорсткість;
- лужність загальна та гідратна;
- рН;
- вміст суспензії (прозорість).

Для контролю роботи освітлювача у вихідній та вапняно-коагульованій воді додатково визначаються:

- вміст заліза;
- вміст кремнекислоти;
- окислюваність.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі розглянуто проект міні-ТЕЦ у типового райцентру.

Для забезпечення цих вимог в роботі був здійснений розрахунок та вибір димососа. Було обрано до встановлення асинхронний електродвигун типу 4A315M2Y3 із $P_{\text{НОМ}}=200$ кВт. Крім того був здійснений розрахунок та вибір дутьового вентилятора. Було обрано до встановлення асинхронний електродвигун типу 4A225M8Y3 із $P_{\text{НОМ}}=30$ кВт.

Летюча зола, що міститься в димових газах, і частки незгорілого палива надають шкідливий вплив. Було обрано до встановлення золоуловлювач двоступінчастий типу ДВП-2 *16,5-бц.

В результаті аналізу складу води, до структури ТЕЦ рекомендується ввести необхідні об'єкти і здійснити процедуру хімводоочищення.

Якість обробленої в освітлювачі води визначається за такими показниками, як: жорсткість; лужність загальна та гідратна; рН; вміст суспензії (прозорість).

Для захисту від шкідливого впливу на навколишнє середовище летючої золи, що міститься в димових газах, було обрано до встановлення відповідний золоуловлювач.

В результаті аналізу складу води, до структури ТЕЦ рекомендується ввести необхідні об'єкти і здійснити процедуру хімводоочищення.

Для цього пропонується введення дл складу ТЕЦ установки одержання знесоленої води.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. А. В. Борисенко, В. А. Пешко. Основи теплової енергетики: конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 149 с
2. Машанова О.Є. Теплові електричні станції: Навчально-методичний посібник. - Запоріжжя, ЗДІА. 2011.-166
3. Ткаченко С.Й., Степанов Д.В., Боднар Л.А. Котельні установки. Навч. посіб. - Вінниця; ВНТУ, 2016.-185с.
4. Рогачов В.А. Котельні установки теплових електричних станцій. Аеродинамічний розрахунок котельних установок [Електронний ресурс]: методичні вказівки до курсового проекту. – Київ: НТУУ «КПІ», 2010. – 134 с.
5. Правила будови та безпечної експлуатації парових котлів, водогрійних котлів і водопідігрівачів. Наказ Державного комітету України по нагляду за охороною праці від 10.03.2017.
6. Улаштування електроустановок./ Наказ Міненерговугілля України від 21.07.2017 № 476
7. Ю.Ф. Романюк. Електричні мережі та системи. Навчальний підручник. – Київ: “Знання”, 2007. – 292 с.
8. Лисяк В.Г. Оптимальні режими вузлів навантаження електропостачальних систем. Навчальний посібник,—Львів: “ННІ” 2007. – 251 с.
9. П.М. Монтік Електротехніка та електромеханіка. Навчальний посібник – Львів: “Новий Світ”, 2011. – 487 с.
10. Електричні мережі та системи.: Навч. посібник для студ. електроенерг. спец. / М. С. Сегеда; Державний ун-т "Львівська політехніка". - Л.: Каменяр, 1999. - 296 с. - Бібліогр.: с.292-296. - ISBN 5-7745-0766-1
11. Методичні вказівки до курсового проекту з дисципліни "Проектування електричних систем": для студ. спец. 7.090602 "Електричні системи і мережі" / Вінницький держ. технічний ун-т; уклад. Ж. І. Остапчук. - Вінниця: [б.в.], 1998. - 46 с.

12. Автоматика електроенергетичних систем. Практикум з дисципліни "Релейний захист та системна автоматика": Навч. посіб. для студ. спец. "Електричні мережі та системи"/О. Є. Рубаненко; Вінницький держ. технічний ун-т. - Вінниця: ВДТУ, 1999. - 63 с.

13. Релейний захист та автоматика в електроенергетиці: Навч. посіб. для студ. спец. "Електрична частина електричних станцій", "Електричні мережі та системи", "Електротехнічні системи та системи електроспоживання" / В. М. Кутін [та ін]; Вінницький держ. технічний ун-т. - Вінниця: ВДТУ, 2001. - 104 с.

14. Методичні вказівки до вибору схем розподільних пристроїв підстанцій напругою 35-750 кВ з курсу "Електричні системи та мережі" для студентів спеціальності "Електричні системи та мережі"/ Національний технічний ун-т "Харківський політехнічний ін-т" ; уклад. В. П. Волков. - Х.: НТУ "ХПІ", 2001. - 19 с.

15. Конструкції повітряних ліній електропередачі. Курсове проектування: навч. посібник для студ. спец. 7.090602 "Електричні системи і мережі" / М. О. Головатюк; Вінницький держ. технічний ун-т. - Вінниця: ВДТУ, 2001. - 107 с.: рис. - Бібліогр.: с. 106-107

16. Експлуатація повітряних ліній електропередачі: навч. посіб. для студ. спец. 7.090602 "Електричні системи і мережі" / М. О. Головатюк; Вінницький держ. технічний ун-т. - Вінниця: ВДТУ, 2001. - 129 с.: рис. - Бібліогр.: с. 129

17. Електромонтажні роботи. Електричні мережі до 1000 В: Навч. посібник для студ. електротехн. спец. з дисципліни "Робоча професія" / О. Д. Демов [і др.]; Вінницький держ. технічний ун-т. - Вінниця: ВДТУ, 2002. - 55 с.

18. Електричні системи та мережі [Текст]: методичні вказівки до виконання курсового проекту для студ. спец. 7.090603 "Електротехнічні системи електроспоживання" денної та заоч. форм навчання / Національний ун-т харчових технологій; уклад. С. Є. Вакуленко. - К.: НУХТ, 2002. - 51 с.: рис. - Бібліогр.: с. 51-52

19. Розрахунки електричних мереж при їх проектуванні: навч. посібник для студ. спец. 7.090601 - "Електричні станції, 7.090602 - "Електричні системи і мережі" / Ю. В. Лук'яненко [та др.]; Вінницький держ. технічний ун-т. - Вінниця: ВДТУ, 2002. - 111 с.: рис. - Бібліогр.: с.111.

20. Денисюк А.Ю., Хливнюк М.Г., Шестак І.М. Комп'ютерна електроніка: Навч. Посіб. - Житомир: ЖВІ, 2017. - с. 33-44.

21. Електричні мережі систем електропостачання [Текст]: навч. посібник для студ. вищих навч. закл. / Г. Г. Півняк [та ін.]; ред. Г. Г. Півняк; Національний гірничий ун-т. - Д.: НГУ, 2003. - 316 с.: рис. - Бібліогр.: с. 311. - ISBN 966-8271-45-