



# ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Освітньо-кваліфікаційний рівень – магістр

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма – Енергетичний менеджмент

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ  
д.т.н., проф., Бурбело М.Й.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019р.

## **ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Попсуй Ліні Віталіївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи СТИМУЛЮВАННЯ СПОЖИВАЧІВ ТОВАРИСТВА З  
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ВІННИЦЯ-МЛИН» ДО  
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

керівник роботи Бурбело Михайло Йосипович, д.т.н., професор.

затверджені наказом по ВНТУ від «2» 10 2019 року, № 254

2. Строк подання студентом роботи «03» 12 2019 року.

3. Вихідні дані: генплан підприємства; відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення, їх віддаленість (Додаток Б).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

АНОТАЦІЯ

ВСТУП

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ  
ДОСЛІДЖЕНЬ

2 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВ «ВІННИЦЯ-  
МЛИН»

3 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОТЕЛЬНОЇ ПІДПРИЄМСТВА ТОВ «ВІННИЦЯ-МЛИН»  
ШЛЯХОМ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЇЇ В МІНІ-ТЕЦ

4 АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ СТИМУЛЮВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ ДО  
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА РОБОТИ

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НС

ВИСНОВКИ

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Додаток А – Технічне завдання

Додаток Б – Вихідні дані

Додаток В – Дослідження точності програми «VNTU ISD»

Додаток Г – Дослідження точності програми «THERMOPHYS»

Додаток Д – Ілюстративні матеріали

5. Перелік графічного матеріалу: матеріали роботи, додатки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Бурбело М. Й., д.т.н., проф., каф. ЕСЕМ		
Теплова частина	Головченко О. М., к.т.н., доц. каф. ЕСЕМ		
Економічна частина	Шулле Ю. А., к.т.н., доцент, каф. ЕСЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О. В., д.пед.н., професор		
Нормконтроль	Войтюк Ю. П., к.т.н., ст. викл., каф. ЕСЕМ		

7. Дата видачі завдання « 03 » 09 2019 року.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості про підприємство та постановка задач досліджень	04.09.19	виконано
2	Оцінка ефективності системи електропостачання ТОВ «Вінниця-млин»	08.10.19	виконано
3	Підвищення ефективності котельні підприємства ТОВ «Вінниця-млин» шляхом перетворення її в міні-ТЕЦ	25.10.19	виконано
4	Аналіз стану проблеми стимулювання промислових підприємств до енергозбереження	15.11.19	виконано
5	Економічна частина роботи	22.11.19	виконано
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	29.11.19	виконано

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Попсуй Л. В.  
(прізвище та ініціали)

Бурбело М. Й.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Попсуй Л. В. «Стимулювання споживачів товариства з обмеженою відповідальністю «Вінниця-млин» до енергозбереження». Магістерська кваліфікаційна робота. Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Вінниця: ВНТУ, ФЕЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, 2019. – 131 с.

В даній магістерській кваліфікаційній роботі досліджено питання стимулювання промислового підприємства ТОВ «Вінниця-млин» до енергозбереження. Досліджено існуючу систему електропостачання та теплопостачання підприємства, розраховано теплову схему парової котельні; розроблено технічні рішення щодо встановлення парової та фреонової турбіни в котельні підприємства; розглянуто техніко-економічну доцільність реконструкції котельні з врахуванням наявності турбогенератора як локалізованого джерела енергопостачання з можливістю відпуску електроенергії в мережу; розроблено математичну модель стимулювання підприємства до енергозбереження; проведено техніко-економічний розрахунок; розроблено заходи з охорони праці на підприємстві та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: стимулювання, електропостачання, теплопостачання, теорія активних систем, математична модель.

## ABSTRACT

L. V. Popsui. «Stimulation of «Вінниця-млин» Limited Liability Company to Save Energy». Master's qualification work. Specialty 141 - Electricity, electrical engineering and electromechanics. - Vinnytsia: VNTU, FEEEM, Department of ESEEM, 2019. – 131 p.

In this master's qualification work the question of stimulation of the industrial enterprise of LLC "Вінниця-млин" to energy saving is investigated. The existing system of power supply and heat supply of the enterprise was investigated, the thermal scheme of the steam boiler room was calculated; developed technical solutions for installation of steam and freon turbines in boiler plants; the technical and economic feasibility of reconstruction of the boiler room is considered taking into account the presence of a turbogenerator as a localized source of energy supply with the possibility of supplying electricity to the grid; the mathematical model of stimulation of the enterprise to energy saving is developed; a technical and economic calculation; measures for occupational health and safety in emergency situations have been developed.

Keywords: stimulation, electricity supply, heat supply, active systems theory, mathematical model.

Drawings – 23

Tables – 44

Bibliographies - 46

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	8
1.1 Короткий опис технологічних процесів .....	10
1.2 Відомості про споживачів енергії на підприємстві.....	10
2 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВ «ВІННИЦЯ-МЛИН».....	15
2.1 Внутрішнє електропостачання підприємства.....	15
2.2 Вплив влаштування локального джерела живлення на систему електропостачання підприємства.....	21
2.3 Розрахунок струмів КЗ.....	23
2.4 Розрахунок втрат електроенергії.....	28
3 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОТЕЛЬНІ ПІДПРИЄМСТВА ТОВ «ВІННИЦЯ-МЛИН» ШЛЯХОМ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЇЇ В МІНІ-ТЕЦ.....	34
3.1 Існуюча котельня підприємства.....	34
3.2 Дослідження точності програми «VNTU ISD» та «THERMOPHYS» для визначення термодинамічних та теплофізичних властивостей робочих тіл теплових двигунів.....	50
3.3 Ефективність перетворення котельні в міні-ТЕЦ шляхом встановлення парової турбіни.....	52
3.4 Ефективність перетворення котельні в міні-ТЕЦ шляхом встановлення фреонової турбіни.....	56
4 АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ СТИМУЛЮВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ ДО ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ.....	62
4.1 Теоретичні засади стимулювання промислових підприємств до енергозбереження.....	62
4.2 Задача стимулювання впровадження засобів підвищення ефективності енерговикористання на ТОВ «Вінниця-млин».....	65

5 РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ПРОМИСЛОВОМУ ПІДПРИЄМСТВІ ПРИ ПРИЙНЯТТІ ІНОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ.....	74
5.1 Мета розрахунків та характеристика вихідних даних.....	74
5.2 Розрахунок капіталовкладень та характеристика вихідних даних.....	77
5.3 Розрахунок поточних витрат.....	79
5.4 Розрахунок собівартості електроенергії.....	90
5.5 Розрахунок показників ефективності інвестицій в проект перетворення котельні ТОВ «Вінниця-млин» в міні-ТЕЦ шляхом встановлення парової турбіни.....	96
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	105
6.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	106
6.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії .....	110
6.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи системи енергопостачання ТОВ «Вінниця-млин» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.....	121
ВИСНОВКИ.....	129
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	131
ДОДАТКИ	

## ВСТУП

**Актуальність теми.** В магістерській кваліфікаційній роботі досліджується питання стимулювання підприємства ТОВ «Вінниця-млин» до енергозбереження. Проблема енергозбереження та ефективного використання енергоресурсів є складною і відповідальною задачею для сучасних промислових підприємств. Вона потребує значних економічних і технологічних затрат при розробці та впровадженні енергоефективних проектних рішень. Тому значна частина промислових підприємств не зосереджує достатньо зусиль на даній проблемі.

В зв'язку з цим велике значення має питання правильного вибору стратегії стимулювання промислових підприємств до енергозбереження.

**Мета і задачі дослідження.** Метою магістерської кваліфікаційної роботи є стимулювання промислового підприємства ТОВ «Вінниця-млин» до енергозбереження.

Для досягнення даної мети розв'язуються наступні задачі:

- приведено основні відомості про досліджуване підприємство та про його систему електропостачання;
- досліджено існуючу систему теплопостачання підприємства та розраховано теплову схему парової котельні;
- розроблено технічні рішення щодо встановлення парової та фреонової турбіни в котельні підприємства;
- розглянуто техніко-економічну доцільність реконструкції котельні з врахуванням наявності турбогенератора як локалізованого джерела енергопостачання з можливістю відпуску електроенергії в мережу;
- розроблено математичну модель стимулювання підприємства до енергозбереження;
- проведено техніко-економічний розрахунок;
- розроблено заходи з охорони праці на підприємстві та безпеки в надзвичайних ситуаціях.



**Об'єктом дослідження** є процес стимулювання ТОВ «Вінниця-млин» до енергозбереження.

**Предмет дослідження** – розробка ефективної моделі стимулювання ТОВ «Вінниця-млин» до енергозбереження.

**Методи дослідження.** Проведені дослідження базуються на фундаментальних положення електротехніки, теплоенергетики, математичного аналізу. Використані програмні продукти: MS Excel, Mathcad, ThermoPhys, VNTU ISD.

**Наукова новизна** дослідження полягає в розробці оптимальної моделі стимулювання промислових підприємств до енергозбереження.

**Практичне значення одержаних результатів.** Застосування розроблених заходів у роботі дозволяє:

- підвищити мотивацію промислових підприємств до енергозбереження шляхом застосування оптимальної моделі стимулювання;
- збільшити ефективність енергоспоживання промисловим підприємством;
- забезпечити зниження витрат та витрат енергоресурсів підприємством.

**Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи.** Основні теоретичні положення та найактуальніші практичні результати проведеного наукового дослідження було представлено та обговорено на науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету за участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств міста Вінниці та області у 2018 та 2019 роках. За результатами опубліковано тези доповідей [43, 44, 45, 46].

# 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

## 1.1 Короткий опис технологічних процесів [1]

Повна назва: Товариство з обмеженою відповідальністю "Вінниця-млин".

Вид діяльності: 10.61 Виробництво продуктів борошномельно-круп'яної промисловості.

Предметом діяльності товариства є:

- виробництво продуктів борошномельно-круп'яної промисловості;
- виробництво хліба та хлібобулочних виробів (включно також виробництво виробів нетривалого зберігання: пирогів, тістечок, тортів тощо);
- виробництво сухарів, печива, пирогів і тістечок тривалого зберігання;
- неспеціалізована оптова торгівля харчовими продуктами,; роздрібна торгівля в неспеціалізованих магазинах з перевагою продовольчого асортименту;
- здійснення оптової, роздрібної, комісійної, виїзної та інших видів торгівлі;
- торгівля товарами народного споживання, продукцією виробничо-промислового призначення власного виробництва, інших виробників, а також імпортною;
- здійснення торгово-закупівельної діяльності, виробництво, придбання, переробка та реалізація сировини та матеріалів, в т.ч. промислової та сільськогосподарської продукції;
- переробка сільськогосподарської сировини, виробництво з неї та реалізація різноманітної продукції та виробів.

Вся продукція ТОВ «Вінниця-млин» сертифікована в системі УкрСЕПРО та відповідає діючій нормативній документації і потребам споживачів. Виробнича частина заводу акредитована в системі оснащена за останнім словом науки і техніки.

Технологічний процес отримання борошна можна розділити на дві частини [2]:

- перша — технологічний процес очистки та підготовки зерна до помелу;

- друга — технологічний процес розмелювання зерна та сортування зернових продуктів.

Підготовка зернової маси зводиться до очистки від домішок, зниження зольності зерна, забезпеченні оптимальної вологості зерна при подачі його в розмелювальне відділення.

Процес очистки і підготовка зерна до розмелювання складається із трьох етапів:

- очистки зернової маси, включно відокремлення домішок по ширині, товщині, довжині і аеродинамічним властивостям, а також очистку поверхні зерна;
- кондиціонування зерна – підігрів, миття, обробка теплом, зволоження, відволожування, а також зниження зольності;
- завершальна очистка— зниження зольності, відокремлення домішок по ширині, товщині, щільності, доволожування зерна перед розмелюванням.

Технологія виробництва борошна передбачає очищення зерна і його підготовку до помелу в підготовчому та переробку на борошно в розмельному відділенні. Наявність домішок, особливо важко відокремлюваних, призводить до необхідності складної та багатоступеневої очистки.

У підготовчому відділенні борошномельного заводу із зернової маси видаляють органічні і неорганічні домішки, очищають поверхню зерна від пилу і бруду, видаляють борідку, оболонки і зародок. У процесі обробки зерна в зерноочисному відділенні змінюється тільки його зольність – зменшується на 0,10...0,15% внаслідок видалення пилу та бруду, а також частково поверхневих шарів і зародка, які мають підвищену зольність.

Зернову суміш сепарують. Для виділення аеродинамічно легких домішок застосовують різні за конструктивно-функціональними рішеннями повітряні або комбіновані сепаратори.

Далі відбувається очищення зерна від домішок по ширині і товщині. Для сортування зернової суміші по товщині зерна застосовують сита з подовженими отворами, по ширині сита з круглими отворами. В сепараторах застосовують штамповані (пробивні) сита з круглими, подовженими і трикутними формами отворів.

Технологічний процес передбачає для сортових помелів два проходи крізь повітряно-ситові сепаратори. Очистка вважається ефективною, якщо сепаруються всі крупні домішки, та не менш ніж 65% домішок, які повинні бути видалені на ситах та повітряним потоком (каміння, земля, пісок, крупні частки домішок, крупне та мілке насіння культурних рослин та бур'янів).

Для очистки поверхні зерен: часткового видалення борідки, зародка, а також зняття (злущування) верхніх плодових оболонок застосовують щіткові машини ударно-перетираючої дії.

Для обробки зерна водою застосовують зволожувальні (водоструменеві, водорозпилювальні) та мийні машини. У зволожуючих машинах відбувається дозоване зволоження зерна до певних кондицій.

При підготовці зерна до розмелювання розрізняють різне кондиціонування. Найпоширенішим є холодне кондиціонування, яке може бути без підігрівання зерна і води та з підігріванням.

## 1.2 Відомості про споживачів енергії на підприємстві

Електропостачання підприємства здійснюється від РП-10 кВ підприємства «Рошен».

Для живлення цехів підприємства електроенергією встановлено одну двотрансформаторну підстанцію з потужністю трансформаторів 630 кВА.

Теплопостачання підприємства здійснюється від центрального теплового пункту.

На рисунку 1.1 зображено генеральний план ТОВ «Вінниця-млин».

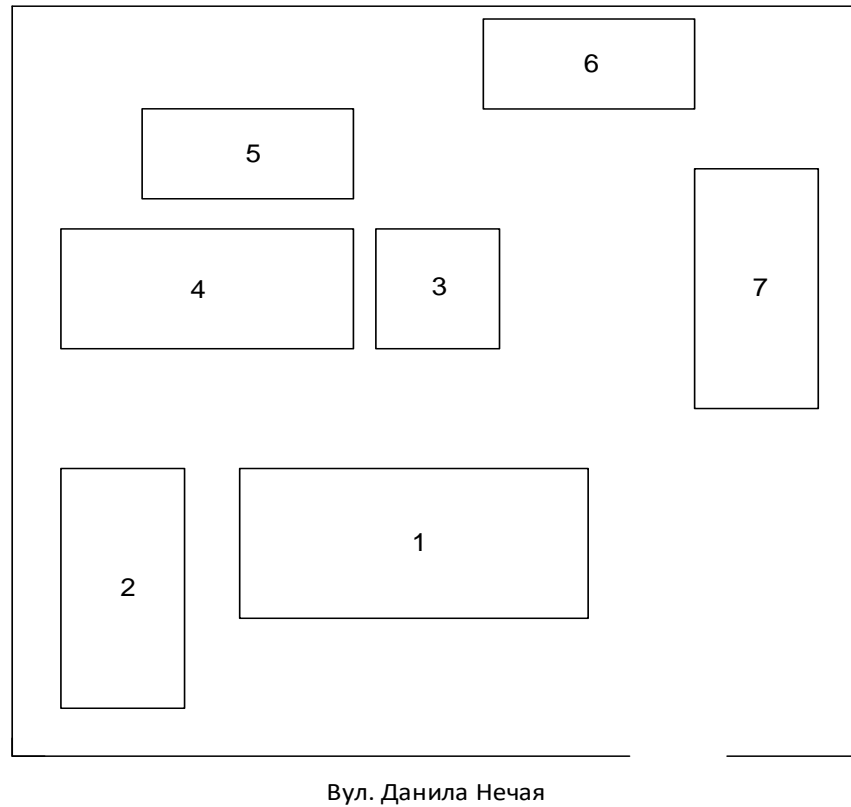


Рисунок 1.1 – Генеральний план підприємства

Таблиця 1.1 – Вхідні дані про електричні навантаження заводу

№ на плані	Назва цеху	Рн, кВт
1	Адмінкорпус	150
2	Склад	50
3	Бункера	50
4	Виробничий корпус	270
5	Майстерня	100
6	Котельня	50
7	Вагова	50

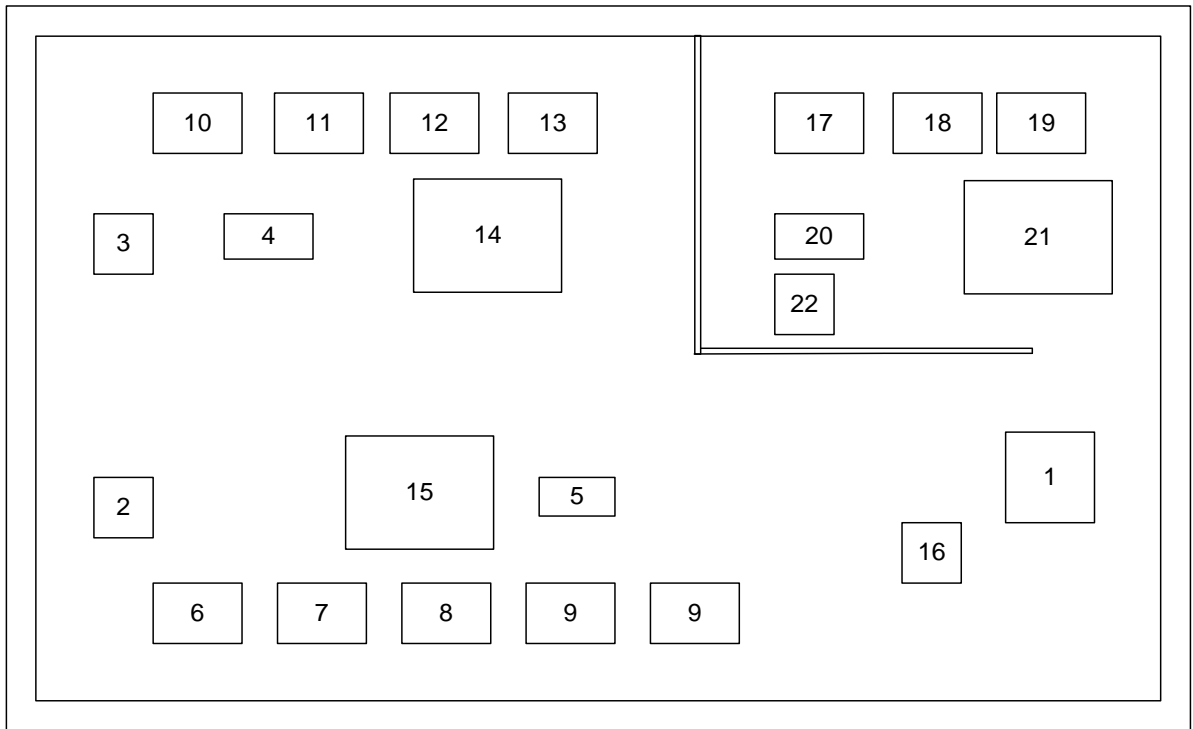


Рисунок 1.2 – План виробничого корпусу

Таблиця 1.2 – Відомості про електричне навантаження цеху

№ на плані	Ремонтно-механічний цех	Потужність споживачів цеху, кВт
1	Компресор	37
2,3	Вентилятор 1	15
16	Вентилятор 2	7,5
14,15	Розсів	5,5
6,7,8,9	Норія зернова 1	5
4,5,20	Сепаратор	1,5
10,11,12,13	Норія зернова 2	5,5
22	Вентилятор 3	7,5
17,18,19	Норія зернова 3	4
21	Розсів 2	5
19	Вентилятор	7
20	Гідравлічний прес	7

## 2 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВ «ВІННИЦЯ-МЛИН»

### 2.1 Внутрішнє електропостачання підприємства

Дані про навантаження підприємства в цілому наведено в таблиці 1.1. Розрахунок було здійснено методом коефіцієнта попиту за такими формулами

$$P_C = K_{\Pi} \cdot P_H, \quad Q_C = P_C \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (2.1)$$

За методом коефіцієнта попиту також було визначено розрахункове навантаження освітлювальних установок [3].

Розрахункові потужності дорівнюють сумі розрахункових потужностей силового та освітлювального навантажень

$$P_P = P_C + P_O, \quad Q_P = Q_C + Q_O; \quad (2.2)$$

Розрахункові максимальні навантаження підприємства визначають з виразів

$$P_{P\Sigma} = K_O \left( \sum_{i=1}^N P_{Pi} + P_{PЦi} + P_{P3} \right), \quad Q_{P\Sigma} = K_O \left( \sum_{i=1}^N Q_{Pi} + Q_{PЦi} + Q_{P3} \right), \quad (2.3)$$

Сумарне навантаження підприємства

$$S_{P\Sigma} = \sqrt{P_{P\Sigma}^2 + Q_{P\Sigma}^2} \quad (\text{кВА}). \quad (2.4)$$

Таблиця 1.2 – Розрахунок навантажень заводської мережі

	Силове навантаження						Освітлювальне навантаження						Всього		
	$P_{н},$ кВт	$K_{п}$	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	$P_{мс},$ кВт	$Q_{мс},$ квар	$F,$ м2	$P_{пвт},$ кВт	$K_{по}$	$K_{пра}$	$P_{мо}$	$Q_{мо}$	$P_{мс},$ кВт	$Q_{мс},$ квар	$S,$ кВА
Адмінкорпус	150	0,35	0,75	0,88	52,5	46,2	1029	0,012	0,85	1,1	11,55	5,43	64,05	51,63	82,26
Склад 1	50	0,4	0,75	0,88	20	17,6	856	0,017	0,8	1,2	13,97	6,57	33,97	24,17	41,69
Бункера	50	0,4	0,45	0,88	20	17,6	467	0,012	0,6	1,1	3,7	1,74	23,7	19,34	30,59
Виробничий корпус	270	0,85	0,6	1,17	229,5	268,515	995	0,012	0,6	1,1	7,88	3,70	237,38	272,22	361,18
Майстерня	100	0,56	0,7	1,3	56	72,8	583	0,012	0,6	1,1	4,62	2,17	60,62	74,97	96,41
Склад 2	50	0,4	0,75	0,88	20	17,6	531	0,017	0,8	1,2	8,67	4,07	28,67	21,67	35,94
Вагова	50	0,4	0,75	0,88	20	17,6	732	0,017	0,8	1,2	11,95	5,61	31,95	23,21	39,49
Всього по цеху	720				418	457,915	5193				62,32	29,29	480,32	487,21	687,56



Для живлення цехів заводу встановлено одну двотрансформаторну підстанцію з потужністю трансформаторів 630 кВА. Номінальні параметри яких представлені в таблиці 2.2 [4].

Таблиця 2.2 - Номінальні параметри трансформаторів [4, табл.3.4].

Тип	$S_H$ , кВА	$U_{BH}$ , кВ	$U_{HH}$ , кВ	$\Delta P_{XX}$ , кВт	$\Delta P_K$ , кВт	$I_{XX}$ , %	$U_K$ , %
ТМ- 630/10	630	10	0,4	1,3	7,6	1,4	5,5

Розрахуємо місце установки цехових ТП за формулами:

$$X_{ТП} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{Mi} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^N P_{Mi}}, \quad Y_{ТП} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{Mi} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^N P_{Mi}}. \quad (2.1)$$

Для визначення повної потужності, яку повинно споживати підприємство з енергосистеми, визначимо втрати потужності в цехових ТП [5]. Параметри встановлених на підприємстві трансформаторів наведені в таблиці 2.1.

$$\Delta P_{TP} = n \cdot \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_K \cdot \left( \frac{S_M}{S_{НОМ.Т}} \right)^2, \quad (2.2)$$

$$\Delta P_{TP1} = 2 \cdot 1,3 + \frac{1}{2} \cdot 7,6 \cdot (1,09)^2 = 7,11 \text{ (кВт)}.$$

$$\Delta Q_{TP} = n \cdot \frac{\Delta I_{X\%}}{100} \cdot S_{НОМ.Т} + \frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta U_K}{100} \cdot \left( \frac{S_M}{S_{НОМ.Т}} \right)^2, \quad (2.3)$$

$$\Delta Q_{TP} = 2 \cdot \frac{1,4}{100} \cdot 630 + \frac{1}{2} \cdot \frac{5,5}{100} \cdot (1,09)^2 = 18 \text{ (квар)}.$$

Втрати потужності в трансформаторах заносимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Втрати в трансформаторах цехових ТП

ТП	Цех	К- сть	$S_H$ , кВА	$S_p$ , кВА	Кз	$\Delta P$	$\Delta Q$
1	1,2,3,4,5,6,7	2	630	687,56	0,55	7,11	18

Для уточнення місця розташування ТП побудуємо картограму навантажень і визначимо центр електричних навантажень підприємства. Картограму навантажень будуємо на кресленні генерального плану підприємства. Навантаження кожного з цехів зображаємо кругом, площа якого пропорційна розрахунковій активній потужності [3].

Розрахунки для всіх цехів здійснимо за допомогою Microsoft Office Excel, а результати зводимо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Дані для побудови картограми навантажень  $\alpha_i$ , °

№ п/п	Споживачі	Координати цехів		Рм кВт	Рмо кВт	альфа	R, м
		X	Y				
1	Адмінкорпус	115	58	64,05	11,55	64,9	14,28
2	Склад 1	31	51	33,97	13,97	148,1	10,4
3	Бункера	118	135	23,7	3,7	56,2	8,68
4	Виробничий корпус	52	135	237,38	7,88	11,95	27,49
5	Майстерня	72	187	60,62	4,62	27,43	13,89
6	Склад 2	160	208	28,67	8,67	108,8	9,55
7	Вагова	210	135	31,95	11,95	134,64	10,1

Для оптимального розміщення ЦРП визначимо координати центру навантажень за формулами (2.1):

$$\sum_{i=1}^{16} P_{Mi} = 480,3 \text{ кВт}, \quad \sum_{i=1}^{16} P_{Mi} \cdot X_i = 39220,5 \text{ кВт м}, \quad \sum_{i=1}^{16} P_{Mi} \cdot Y_i = 62305,7 \text{ кВт м}.$$

$$X_0 = \frac{39220,5}{480,3} = 82 \text{ (м)}, \quad Y_0 = \frac{62305,7}{480,3} = 130 \text{ (м)}.$$

Приймаємо такі оптимальні координати ЦЕН:  $X=82$  (м);  $Y=110$  (м).

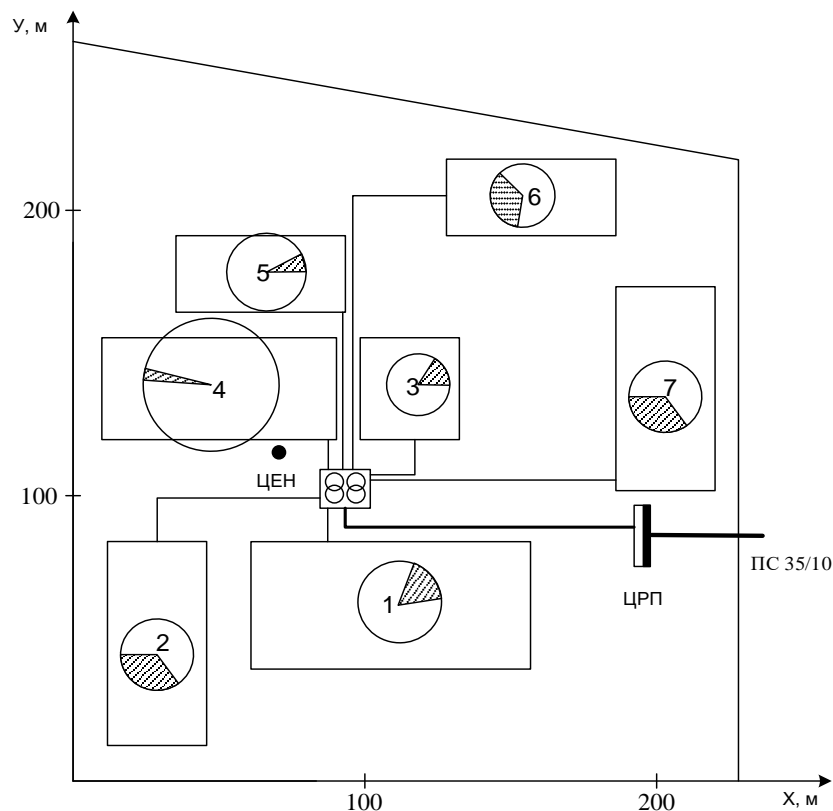


Рисунок 2.1 – Генеральний план підприємства з нанесеними секторами навантаження та освітлення

### 2.1.2 Зовнішнє електропостачання підприємства

Підприємство живиться від ПС кабельними лініями напругою 10 кВ довжиною 1,5 км. Система електропостачання передбачає спорудження на території підприємства ЦРП та цехових трансформаторних підстанцій 2хТМ 630/10.

Живлення підприємства виконується кабельною лінією з ізоляцією із полівінілхлориду та оболонкою з шлангового ПВХ пластикату типу АПвПу-10 [6]. Вибір кабелю виконано за допустимим струмом.

Згідно з інструкцією ПУЕ [7] вибір перерізу кабелів за допустимим струмом здійснюється за способом прокладання [3].

$$I_p \leq I_{\text{доп}}, \quad (2.5)$$

де  $I_{\text{доп}}$  - допустимий струм кабелю.

Розраховуємо струм для нормального і після аварійного режимів для живлячої лінії підприємства напругою 10 кВ

$$I_{\text{ж}} = \frac{S_{\text{Р\Sigma}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{Н}}} = \frac{684,16}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 20 \text{ (A)}, \quad (2.6)$$

$$I_{\text{ж}}^{\text{а}} = \frac{S_{\text{Р\Sigma}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{684,16}{\sqrt{3} \cdot 10} = 40 \text{ (A)}, \quad (2.7)$$

Живлячу лінію виконуємо кабелем з ізоляцією із зшитого поліетилену з алюмінієвими жилами типу АПвПу-10 перерізом 3x50 мм<sup>2</sup> із значенням допустимого струму  $I_{\text{доп}}=170$  А. Кабель прокладено у трубі, прокладеній у землі.

$$40 \text{ (A)} \leq 170 \text{ (A)}.$$

Високовольтні вимикачі обрано за номінальною напругою і розрахунковим струмом з врахуванням після аварійних режимів та можливих нерівномірностей розподілу струмів між лініями і секціями шин [8]

Для встановлення на стороні 10 кВ використовуються вакуумні вимикачі типу ВРС-10-20-630 У2. Номінальний струм вимикачів  $I_{\text{НОМ.В}} = 630$  А для всіх приєднань.

## 2.2 Вплив влаштування локального джерела живлення на систему електропостачання підприємства

Для енергозбереження на ТОВ «Вінниця-млин» передбачається підвищення ефективності котельні підприємства шляхом перетворення її в міні-ТЕЦ. Ідея проекту полягає у застосуванні на підприємстві турбіни, яка дасть змогу використати необхідний для технологічного процесу перепад тиску та вироблення енергії. Для реалізації даного заходу з енергозбереження пропонується підбір та встановлення теплової турбіни (парова або фреонова) і турбогенератора [11].

Внаслідок такої модернізації виникає можливість виробляти електроенергію, яка надалі використовуватиметься для забезпечення власних потреб підприємства і, в результаті, помітно зменшити витрати на купівлю електроенергії та витрати підприємства в цілому. Також дана модернізація дає можливість невикористану електроенергію віддавати в мережу [12].

Для реалізації відпуску невикористаної електроенергії передбачається точка приєднання до мережі в РУ-10 кВ підстанції. Прогнозовані межі балансової належності та експлуатаційної відповідальності будуть встановлені в точці приєднання електроустановки до мережі.

Однолінійна схема електропостачання ТОВ «Вінниця-млин» з врахуванням приєднання генератора до КТП 10/0,4 кВ зображена на рисунку 2.2.

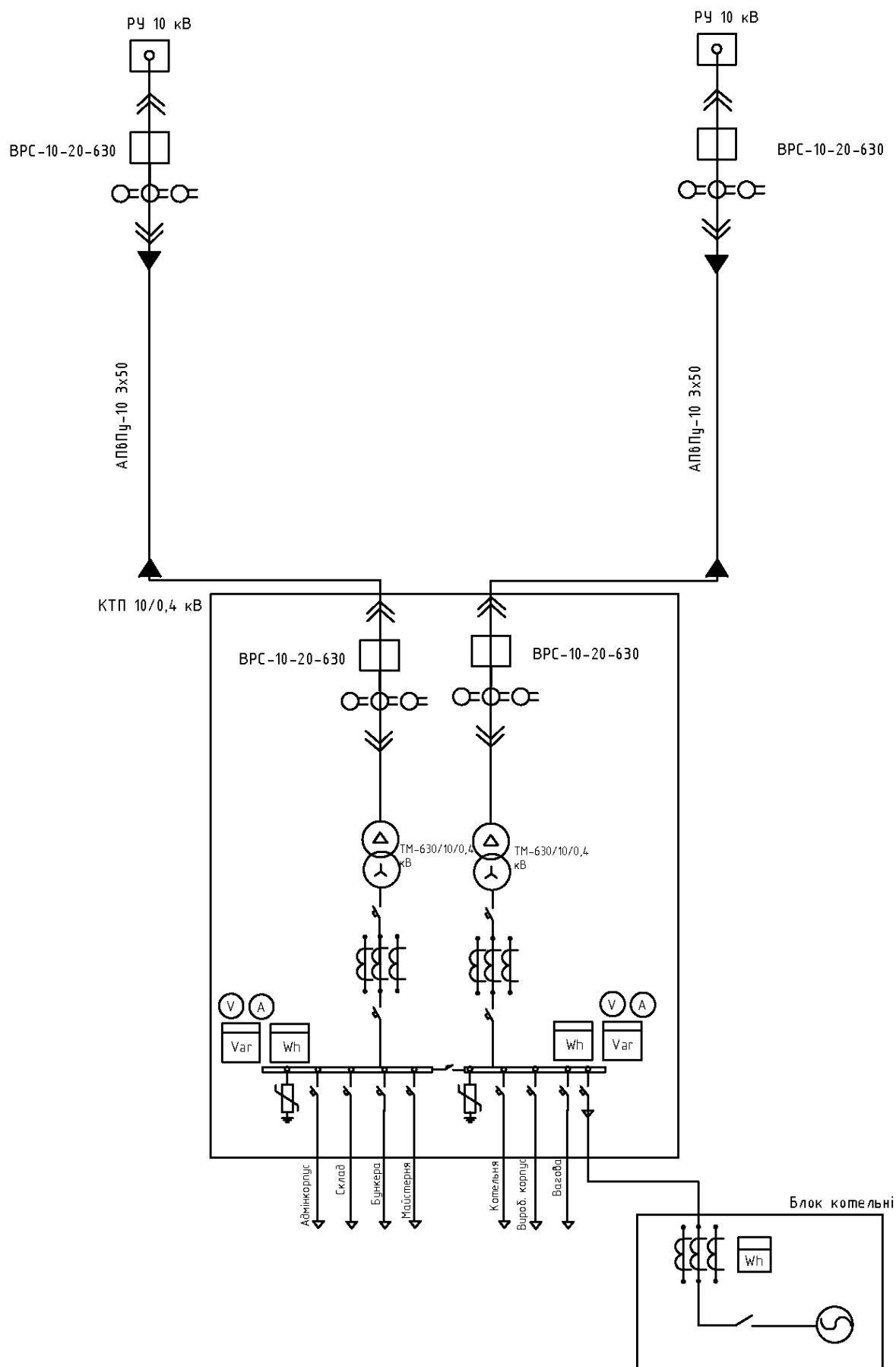


Рисунок 2.2 – Однолінійна схема електропостачання ТОВ «Вінниця-млин»

### 2.3 Розрахунок струмів КЗ

З метою перевірки встановлених вимикачів і кабелів проводимо розрахунок струмів короткого замикання.

Розрахунок струму короткого замикання здійснюємо згідно чинного державного стандарту ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008. За допомогою даного стандарту знаходимо струми трифазних КЗ в системі середніх напруг із величинами у відносних одиницях [9].

Розрахуємо струми КЗ на шинах ТП 10/0,4 кВ з урахуванням приєднання генератора до шин 0,4 кВ трансформатора для перевірки живлячої кабельної лінії. Схема заміщення зображена на рисунку 2.3.

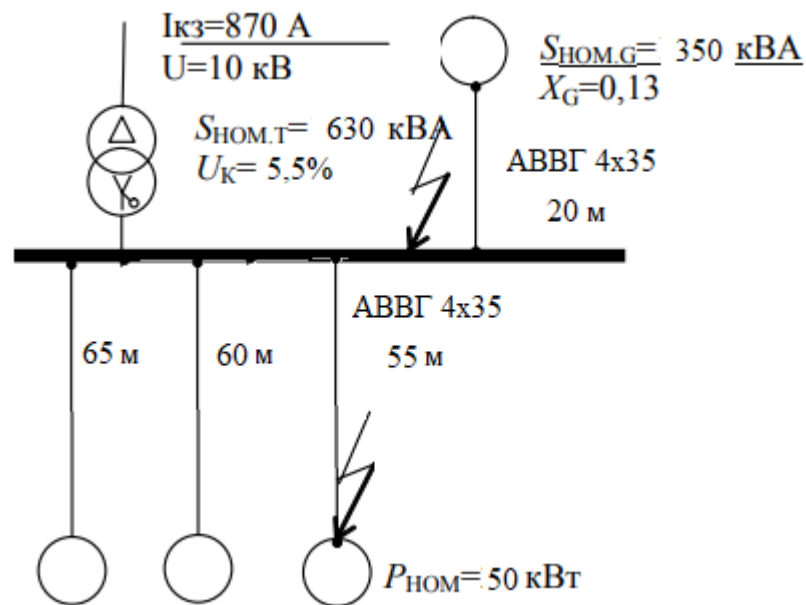


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема мережі

Опір системи

$$X_c = \frac{400^2}{\sqrt{3} \cdot 870 \cdot 10 \cdot 10^3} = 10,6 \cdot 10^{-3} \text{ (Ом)}.$$

Активна та реактивна складові напруги короткого замикання трансформатора

$$u_{ka} = \frac{\Delta P_{K3}}{S_{НОМ.Т}} \cdot 100 = \frac{7,6}{630} \cdot 100 = 1,2 \%$$

$$u_{кр} = \sqrt{u_k^2 - u_{ka}^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,2^2} = 5,36\%$$

Активний та індуктивний опори трансформатора

$$R_{1Т} = \frac{u_{ka}}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_{НОМ.Т}} = \frac{1,2}{100} \cdot \frac{400^2}{630 \cdot 10^3} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ (Ом)}.$$

$$X_{1Т} = \frac{u_{кр}}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_{НОМ.Т}} = \frac{5,36}{100} \cdot \frac{400^2}{630 \cdot 10^3} = 13,6 \cdot 10^{-3} \text{ (Ом)}.$$

Опори трансформатора згідно з ДСТУ 60909-2007 коректуються з використанням коефіцієнта  $K_T = 0,963$ .

Параметри заступної схеми прямої послідовності від системи

$$R_{1\Sigma} = 3 \cdot 0,963 = 2,889 \text{ (МОм)}.$$

$$X_{1\Sigma} = 10,6 + 13,6 \cdot 0,963 = 23,7 \text{ (МОм)}.$$

Максимальний струм трифазного КЗ на шинах ТП від системи

$$I''_{\max} = \frac{1,05 \cdot U_n}{\sqrt{3} \sqrt{R_{1\Sigma}^2 + X_{1\Sigma}^2}} = \frac{1,05 \cdot 400}{\sqrt{3} \sqrt{2,889^2 + 23,7^2}} = 10,1 \text{ (кА)}.$$

Опори генератора

$$X_{1Г} = \frac{x_{Г}}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_{НОМ.Г}} = \frac{13}{100} \cdot \frac{400^2}{350 \cdot 10^3} = 30 \cdot 10^{-3} \text{ (Ом)}.$$

$$X''_{1Г} = 0,15 \cdot X_{1Г} = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ (Ом)}.$$



Опори генератора відповідно до ДСТУ 60909-2007 коректуються з використанням коефіцієнта  $K_r = 0,942$ .

Опори лінії, що з'єднує генератор з шинами 0,4 кВ трансформатора

$$R_{л2} = \frac{1}{s \cdot \gamma} = \frac{20}{4 \cdot 35 \cdot 54} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ (Ом)}.$$

$$X_{л2} = \frac{X_{\text{пит}} \cdot l}{1000} = \frac{0,078 \cdot 20}{1000} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ (Ом)}.$$

Параметри заступної схеми прямої послідовності від генератора

$$R_{1\Sigma} = 4,5 \cdot 0,942 + 2 = 6,2 \text{ (МОм)}.$$

$$X_{1\Sigma} = 21,7 \cdot 0,942 + 1 = 21,4 \text{ (МОм)}.$$

Максимальний струм трифазного КЗ на шинах ТП від генератора

$$I''_{\text{max}} = \frac{1,05 \cdot U_n}{\sqrt{3} \sqrt{R_{1\Sigma}^2 + X_{1\Sigma}^2}} = \frac{1,05 \cdot 400}{\sqrt{3} \sqrt{6,2^2 + 21,4^2}} = 10,8 \text{ (кА)}.$$

З умови термічної стійкості переріз жил кабелів, що відходять від ТП до генератора, буде

$$s \geq s_{\text{min}} = \frac{I_{\text{k.max}}^{(3)} \sqrt{t_{\text{вим}}}}{C_T} \cdot 1000 = \frac{(10,1 + 10,8) \sqrt{0,13}}{143} \cdot 1000 = 52,69 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Отже, переріз кабелю вибрано вірно.

Розрахуємо струми КЗ на шинах 0,4 кВ ТП1 і на РП1.  $S_{\text{ном.т}} = 630 \text{ кВА}$ .  $U_k = 5,5\%$ .

Опори трансформатора ТМ 630/10 кВ:  $R_T = 3,4 \text{ МОм}$ ,  $X_T = 13,5 \text{ МОм}$ .

Точки КЗ, які необхідно розрахувати, зображено на рисунку 2.4.

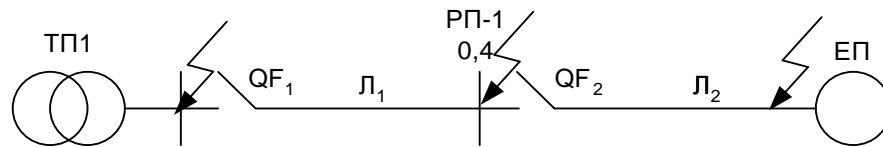


Рисунок 2.4 – Розрахункові точки короткого замикання

Схема заміщення мережі напругою до 1000 В, має наступний вигляд:

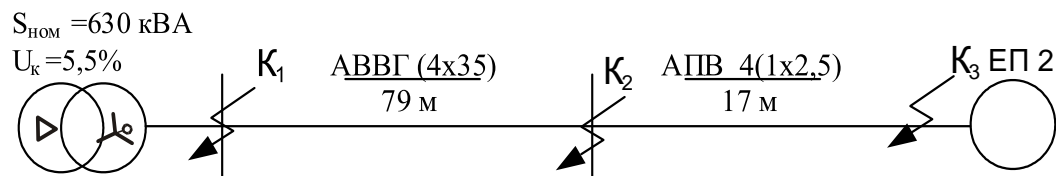


Рисунок 2.5 – Схема заміщення мережі напругою до 1000 В

Трьохфазне КЗ розраховується для перевірки на комутаційну здатність, а однофазне для перевірки на чутливість.

Практика експлуатації показує, що доцільно виконувати перевірку термічної стійкості кабелів напругою до 1000 В, хоч згідно з ПУЕ така перевірка не вимагається.

Значення струму при металевому трифазному КЗ в мережах до 1000 В визначають за формулою

$$I_{k,max1}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{3,4^2 + 13,5^2 \cdot 10^{-3}}} = 16,55 (\text{кА}),$$

де  $Z_{\Sigma}$  – загальний повний опір елементів цехової мережі до точки КЗ. При визначенні повного опору враховуються активні і індуктивні опори елементів.

$$\begin{aligned} I_{k,max2}^{(3)} &= \frac{1,05 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_{\Sigma} + R_{пит} \cdot l_1)^2 + (X_{\Sigma} + X_{пит} \cdot l_1)^2}} = \\ &= \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(3,4 + 1,1 \cdot 79)^2 + (13,5 + 0,068 \cdot 79)^2}} = 1,34 (\text{кА}). \end{aligned}$$

Перевіримо умову по граничному струму відключення:

$$I_{н.відк1} = 32,5 \text{ (кА)} \geq I_{к.мах1}^{(3)} = 16,55 \text{ (кА)},$$

$$I_{н.відк2} = 6 \text{ (кА)} \geq I_{к.мах2}^{(3)} = 1,34 \text{ (кА)}.$$

Отже, вимикачі встановлені для захисту лінії ТП1 – РП1 умовам комутаційної здатності відповідають. Для перевірки чутливості захисту повинні бути визначені струми однофазного КЗ.

При КЗ на РП:

$$I_{к2}^{(1)} = \frac{U_{ф.ном}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{ф-н} \cdot l} = \frac{220}{\frac{42}{3} + 5,92 \cdot 70} = 0,51 \text{ (кА)},$$

де  $U_{ф.ном}$  – номінальна фазна напруга;

$Z_{\Sigma}^{(1)}$  – повний опір силового трансформатора струмам однофазного КЗ;

$Z_{ф-н}$  – погонний опір петлі "фаза-нуль";

$l$  – відстань до місця КЗ.

$$Z_{\Sigma}^{(1)} = 3 \cdot Z_T = 3 \cdot 13,92 = 41,76 \text{ (МОм)},$$

де:

$$Z_T = \sqrt{r_T^2 + x_T^2} = \sqrt{3,4^2 + 13,5^2} = 13,92 \text{ (МОм)}.$$

При КЗ безпосередньо на електроприймачеві:

$$I_{к3}^{(1)} = \frac{U_{ф.ном}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{ф-н} \cdot l_1 + Z_{ф-н} \cdot l_2} = \frac{220}{\frac{42}{3} + 5,92 \cdot 79 + 24,08 \cdot 17} = 0,239 \text{ (кА)}.$$

При врахуванні перехідного опору струм однофазного КЗ:

$$I_{KR2}^{(1)} = \frac{U_{\phi.НОМ}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{\phi-H} \cdot 1} = \frac{220}{\frac{94,336}{3} + 5,92 \cdot 79} = 0,493 \text{ (кА)},$$

$$I_{KR3}^{(1)} = \frac{U_{\phi.НОМ}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{\phi-H} \cdot 1_1 + Z_{\phi-H} \cdot 1_2} = \frac{220}{\frac{94,336}{3} + 5,92 \cdot 79 + 24,08 \cdot 17} = 0,235 \text{ (кА)},$$

де  $Z_{\Sigma}^{(1)}$  – повний опір силового трансформатора струмам однофазного КЗ з урахуванням перехідного опору до точки КЗ, визначається за формулою:

$$Z_{\Sigma}^{(1)} = \sqrt{(2 \cdot R_m + R_{om} + 3 \cdot R_{пер})^2 + (2 \cdot X_m + X_{om})^2} = \\ = \sqrt{(2 \cdot 3,4 + 3,4 + 3 \cdot 25)^2 + (2 \cdot 13,5 + 13,5)^2} = 94,336 \text{ (МОм)},$$

де  $R_{от}$ ,  $X_{от}$  – активний і реактивний опори нульової послідовності трансформатора;  $R_{пер} = 0,025$  Ом – для вторинних РП.

#### 2.4 Розрахунок втрат електроенергії

Розрахуємо втрати електроенергії в лініях живлення від РУ-0,4 кВ до шин 10 кВ КТП 2х630/10/0,4 кВ.

Живлячу лінію виконано кабелем з ізоляцією із зшитого поліетилену з алюмінієвими жилами типу АПвПу-10 перерізом 3х50 мм<sup>2</sup> із значенням допустимого струму  $I_{доп} = 170$  А.

Довжина лінії складає 1,5 км. Питомий опір кабелю  $r_0 = 0,542$  Ом/км, індуктивний опір  $x_0 = 0,204$  Ом/км.

Активний опір лінії

$$R_e = L \cdot r_0 = 1,5 \cdot 0,542 = 0,813 \text{ (Ом)}. \quad (2.8)$$

Реактивний опір лінії

$$X_e = L \cdot x_0 = 1,5 \cdot 0,204 = 0,306 \text{ (Ом)}. \quad (2.9)$$

Споживана активна енергія

$$W_P = P_P \cdot T = 480,32 \cdot 6500 = 3122080 \text{ (кВт/год)}. \quad (2.10)$$

Споживана реактивна енергія

$$W_Q = Q_P \cdot T = 487,21 \cdot 6500 = 3166865 \text{ (кВАр/год)}. \quad (2.11)$$

Середній струм в лінії

$$I_{cp} = \frac{\sqrt{W_P^2 - W_Q^2}}{\sqrt{3 U_n T_{II}}} = \frac{\sqrt{3122080^2 - 3166865^2}}{\sqrt{3 \cdot 10 \cdot 6500}} = 10,07 \text{ (кА)}. \quad (2.12)$$

Втрати активної електроенергії

$$\Delta W_P = 3 \cdot I_{cp}^2 \cdot R_e \cdot T \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 10,07^2 \cdot 0,813 \cdot 6500 \cdot 10^{-3} = 1607,62 \text{ (кВт/год)} \quad (2.13)$$

Втрати реактивної електроенергії

$$\Delta W_Q = 3 \cdot I_{cp}^2 \cdot X_e \cdot T \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 10,07^2 \cdot 0,306 \cdot 6500 \cdot 10^{-3} = 605,08 \text{ (кВАр/год)} \quad (2.14)$$

Втрати електроенергії в лініях складають менше 1%, отже переріз струмоведучих жил обрано вірно.

Висновки до 2 розділу:

В даному розділі проведена оцінка ефективності системи електропостачання підприємства.

В першій частині розділу проаналізовано електричні навантаження виробничого цеху. Розташування розподільчих пристроїв в цеху задовольняє наступним умовам: оптимальна віддаленість від електричних пристроїв, що забезпечує мінімальний відсоток втрат, та оптимальний розподіл навантаження електропристроїв, що забезпечує високий коефіцієнт ефективності.

В другій частині розділу проаналізовано внутрішнє електропостачання підприємства. Уточнено оптимальне місце розташування трансформаторної підстанції на території підприємства з двома масляними трансформаторами типу ТМ-630/10/0,4 кВ та визначено центр електричних навантажень підприємства шляхом побудови картограми навантажень.

В третій частині розділу проаналізовано зовнішнє електропостачання підприємства. Приведено однолінійну схему електропостачання з переліком захисного комутаційного обладнання та кабельно-провідникової продукції, що використовується для живлення підприємства.

В четвертій частині розділу розглянуто вплив влаштування локального джерела живлення на підприємство, а саме проектування міні-ТЕЦ з можливістю передачі електроенергії від генератора в мережу.

### 3 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОТЕЛЬНОЇ ПІДПРИЄМСТВА ТОВ «ВІННИЦЯ-МЛИН» ШЛЯХОМ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЇЇ В МІНІ-ТЕЦ

#### 3.1 Існуюча котельня підприємства

Котельня призначена для забезпечення парою на власні технологічні потреби.

В котельні встановлений паровий котел типу Е-16-3,9-360. Коефіцієнт корисної дії парового котла – 92%. Паливом для котельні є: природний газ. Паровидатність котла по 16 т/год, тиск пари 3,9 МПа, температура перегрітої пари  $t_0 = 360$  °С.

Живильна вода входить в паровий котел з температурою  $t_{жв} = 100$  °С та ентальпією  $h_{жв} = 561,4$  кДж/кг.

Дегазація живильної води здійснюється в деаeratorі ДА – 50. Деаератор призначений для видалення розчинених газів із живильної води. В деаeratorі збираються всі конденсати, що повертаються в котельню, додаткова вода.

Додаткова вода надходить в деаератор для покриття втрат води і пари в трубопроводах та теплообмінному в обладнанні. Ентальпія додаткової води  $h_{дв}$  відповідає температурі води після хімводоочистки і складає  $h_{дв} = 119,3$  кДж/кг.

Підготовка додаткової води здійснюється на хімводоочистці (ХВО).

Підготовка живильної води передбачена по схемі: прямоточна коагуляція на механічних фільтрах, Н-катіонування з „холодної” регенерації, пом'якшення води на Na-катіонітних фільтрах дегазації води у термічному деаeratorі.

Водопідготовка розміщується в окремому приміщенні. Конденсат з виробництва повертається в термічний деаератор.

Протяжність паропроводів дорівнює близько 1000 м в двотрубному виконанні.

##### 3.1.1. Розрахунок існуючої теплової схеми парової котельні підприємства [11]

Конденсат від промислових споживачів повертається з температурою 120 °С в кількості 75 % від споживаної пари. В деаератор конденсат надходить з температурою 100 °С. Конденсат від теплофікаційних теплообмінників потужністю 6 МВт

повертається в деаератор повністю з температурою 95 °С. Температурний графік системи теплофікації 110/70 °С.

Втрати мережної води складають 2,5 %. Для покриття втрат мережної води частина води після деаератора спрямовується в зворотній трубопровід тепломережі. Вода безперервної продувки відводиться в розширник безперервної продувки (РБП), тиск в якому вище тиску в деаераторі. Утворена насичена пара з РБП відводиться в деаератор. Теплота зливної води використовується для нагріву додаткової води перед деаератором в охолоднику продувальної води (ОПВ).

Паливо – природний газ з теплотою згорання  $Q_{н}^c = 33,7$  МДж/м<sup>3</sup>; температура продувальної води на виході з ОПВ  $t_{зл} = 40$  °С; частка власних потреб теплової енергії  $\alpha_{вп} = 0,02$ ; частка безперервної продувки  $p = 0,02$ . В розрахунках число годин роботи на встановленій потужності в рік складає 4080 годин, ціна палива складає 2,5 грн/ГДж, ціна електроенергії складає 2,8 грн/кВт год [13].



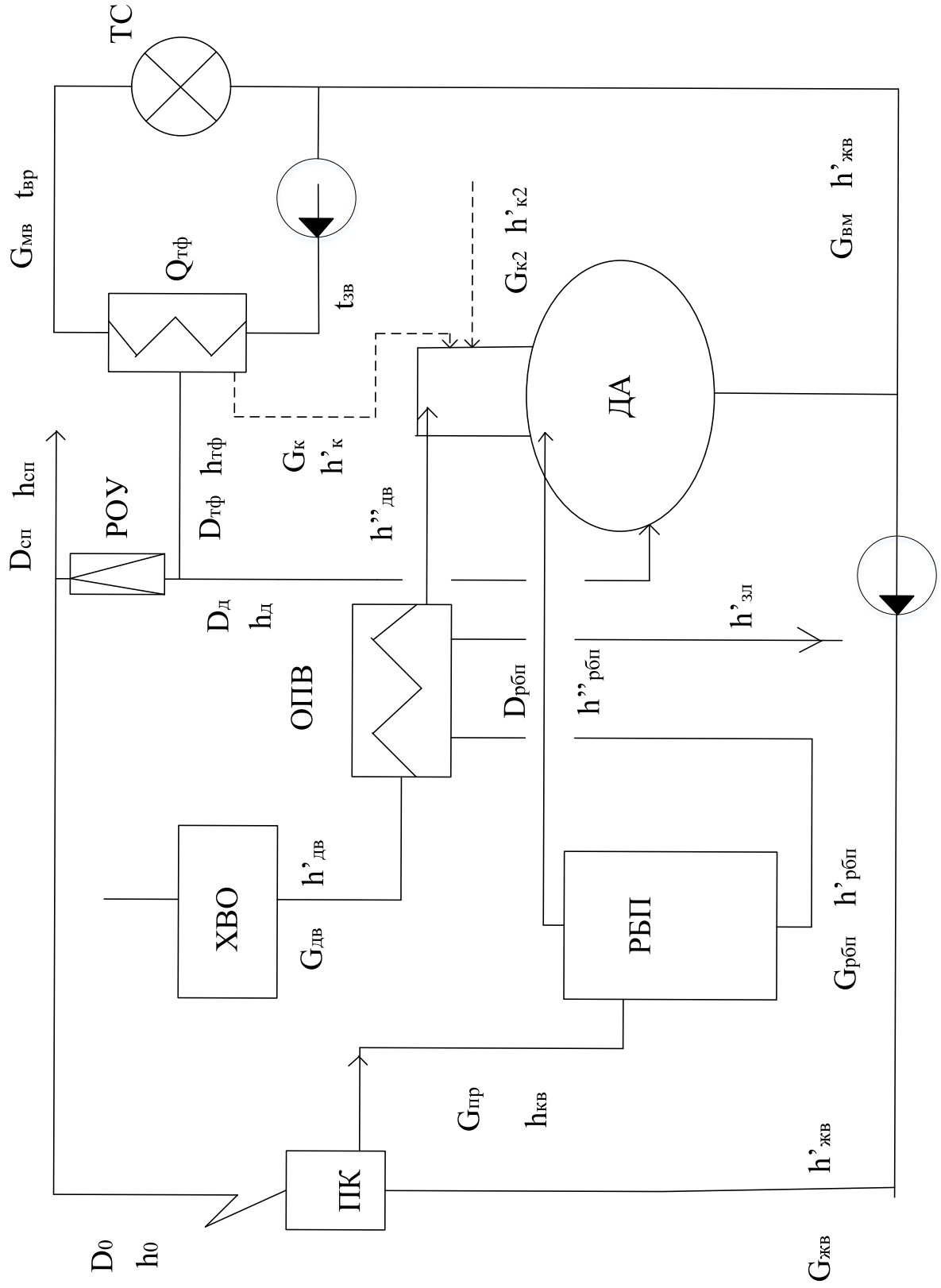


Рисунок 3.1 – Існуюча теплова схема котельні

На рисунку 3.1:

ДА – деаератор призначений для видалення розчинених газів із живильної води;

ХВО – хімоводоочистка здійснюється підготовка води та хімоочищення;

ОПВ – підігрівник очищеної води;

ПДВ – підігрівник води;

РБП – розширник безперервної продувки;

РОУ – редуційно – охолоджувальна установка;

ТС – тепловий споживач;

Користуючись таблицями властивостей води і водяної пари [6] визначаємо ентальпії потоків пари, конденсату і води згідно з позначеннями на рис.2.1, кДж/кг:

Ентальпія потоку пари:  $h_0 = h_{сп} = h_{тф} = 2851$ ;

Ентальпія конденсату:  $h'_{к1}^{сп} = 502,8$  ;  $h'_{к1}^{тф} = 517,8$  ;  $h'_{к2}^{тф} = 398$  ;  $h'_{к2}^{сп} = 419$ ;

Ентальпія води:  $h'_{жв} = 561,4$  ;  $h'_{дв} = 84$  ;  $h'_{кв} = 719,3$  ;  $h'_{хв} = 21$ ;

Ентальпії РПБ:  $h'_{рбп} = 604,7$  ;  $h''_{рбп} = 2738,5$  ;  $h'_{зл} = 168$ .

Проведемо розрахунок існуючої теплової схеми парової котельні підприємства в опалювальний період [15].

Витрата пари на теплофікаційний теплообмінник, кг/с

$$D_{тф} = Q_{тф} / [(h_{тф} - h'_{к1}^{тф}) + (1 - \alpha_k^{тф}) \cdot (h'_{к1}^{тф} - h'_{хв})], \quad (3.1)$$

$$D_{тф} = 6 \cdot 10^3 / [(2851 - 517,8) + (1 - 1) \cdot (517,8 - 21)] = 2,57.$$

Потужність промислового споживача, МВт

$$Q_{сп} = D_{сп} \cdot [(h_{сп} - h'_{к1}^{сп}) + (1 - \alpha_k^{сп}) \cdot (h'_{к1}^{сп} - h'_{хв})] \cdot 10^{-3}, \quad (3.2)$$

$$Q_{сп} = 4/3,6 \cdot [(2851 - 502,8) + (1 - 0,75) \cdot (502,8 - 21)] \cdot 10^{-3} = 2,74.$$

Витрати конденсатів, що надходять в деаератор, кг/с

$$G_{к2}^{сп} = D_{сп} \cdot \beta_k^{сп}, \quad (3.3)$$

$$G_{K2}^{сп} = 4/3,6 \cdot 0,65 = 0,72.$$

$$G_{K2}^{тф} = G_{K1}^{тф} = G_K^{тф} = D_{тф} \cdot \beta_K^{тф}, \quad (3.4)$$

$$G_{K2}^{тф} = G_{K1}^{тф} = G_K^{тф} = 2,57 \cdot 1 = 2,57.$$

Витрата мережної води, кг/с

$$G_{МВ} = Q_{тф} \cdot \eta_{то} / [c_B \cdot (t_{пр} - t_{зв})], \quad (3.5)$$

$$G_{МВ} = 6 \cdot 10^3 \cdot 0,98 / [4,187 \cdot (110 - 70)] = 35,1.$$

Витрата води на підживлення мережі, кг/с

$$G_{ПМ} = \alpha_{втр} \cdot G_{МВ}, \quad (3.6)$$

$$G_{ПМ} = 0,025 \cdot 35,1 = 0,8775.$$

Паровидатність котельні, кг/с

$$D_0 = D_{сп} + D_{тф} + D_d, \quad (3.7)$$

$$D_0 = 4/3,6 + 2,57 + D_d = D_d + 3,68.$$

Витрата живильної води, кг/с

$$G_{жв} = D_0 + \alpha_{вп} \cdot D_0 + p \cdot D_0, \quad (3.8)$$

$$G_{жв} = D_0 \cdot (1 + 0,02 + 0,02) = 1,04 \cdot D_0.$$

Кількість продувальної води, кг/с

$$G_{пр} = 0,02 \cdot D_0, \quad (3.9)$$

$$G_{пр} = 0,02 \cdot D_d + 0,073.$$

Витрата насиченої пари вторинного закипання з РБП

$$D_{\text{рбп}} = G_{\text{пр}} \cdot (h'_{\text{кв}} - h'_{\text{рбп}}) / (h''_{\text{рбп}} - h'_{\text{рбп}}), \quad (3.10)$$

$$D_{\text{рбп}} = (0,02 \cdot D_{\text{д}} + 0,073) \cdot (719,3 - 604,7) / (2738,5 - 604,7) = 0,001 \cdot D_{\text{д}} + 0,039.$$

Витрата насиченої води з РБП

$$G_{\text{рбп}} = G_{\text{пр}} - D_{\text{рбп}}, \quad (3.11)$$

$$G_{\text{рбп}} = (0,02 \cdot D_{\text{д}} + 0,073) - (0,001 \cdot D_{\text{д}} + 0,039) = 0,019 \cdot D_{\text{д}} + 0,034 \text{ (кг/с)}.$$

Ентальпія додаткової води після підігріву в ОПВ

$$h'_{\text{дв2}} = h'_{\text{дв}} + G_{\text{рбп}} \cdot (h'_{\text{рбп}} - h'_{\text{зл}}) / G_{\text{дв}}, \quad (3.12)$$

$$h'_{\text{дв2}} = 84 + (0,019 \cdot D_{\text{д}} + 0,034) \cdot (604,7 - 168) / G_{\text{дв}} = 84 + (8,29 \cdot D_{\text{д}} + 14,84) / G_{\text{дв}}.$$

Матеріальний баланс деаератора

$$D_{\text{д}} + G_{\text{к2}}^{\text{сп}} + G_{\text{к2}}^{\text{тф}} + G_{\text{дв}} + D_{\text{рбп}} = G_{\text{жв}} + G_{\text{пм}}, \quad (3.13)$$

$$D_{\text{д}} + 0,72 + 2,57 + G_{\text{дв}} + 0,001 \cdot D_{\text{д}} + 0,039 = 1,04 \cdot D_{\text{д}} + 3,82 + 0,8775,$$

звідки

$$G_{\text{дв}} = 1,368 + 0,039 \cdot D_{\text{д}}.$$

Теплота, що вноситься в деаератор з додатковою водою

$$G_{\text{дв}} \cdot h'_{\text{дв2}} = G_{\text{дв}} \cdot [84 + (8,29 \cdot D_{\text{д}} + 14,84) / G_{\text{дв}}] = 84 \cdot G_{\text{дв}} + (8,29 \cdot D_{\text{д}} + 14,84).$$

Тепловий баланс деаератора

$$D_d \cdot h_d + G_{k2}^{cp} \cdot h'_{k2}{}^{cp} + G_{k2}^{тф} \cdot h'_{k2}{}^{тф} + G_{дв} \cdot h'_{дв2} + D_{рбп} \cdot h''_{рбп} = (G_{жв} + G_{пм}) \cdot h'_{жв}$$

Тоді

$$\begin{aligned} D_d \cdot 2851 + 0,72 \cdot 419 + 2,57 \cdot 398 + 129,75 + 11,56 \cdot D_d + (2,738 \cdot D_d + 06,8) = \\ = (3,82 + 1,04 \cdot D_d + 0,8775) \cdot 561,4. \end{aligned}$$

Звідки  $D_d = 0,471$  кг/с. Підставимо отримане значення в попередні вирази і отримаємо такі витрати теплоносіїв (кг/с) та ентальпію додаткової води на вході в драератор (кДж/кг):

$$D_0 = 4,151; G_{дв} = 1,386; G_{пр} = 0,082; D_{рбп} = 0,039; G_{рбп} = 0,042; h'_{дв2} = 97,52.$$

Зобразимо результати розрахунку витрат теплоносіїв на ділянках схеми:

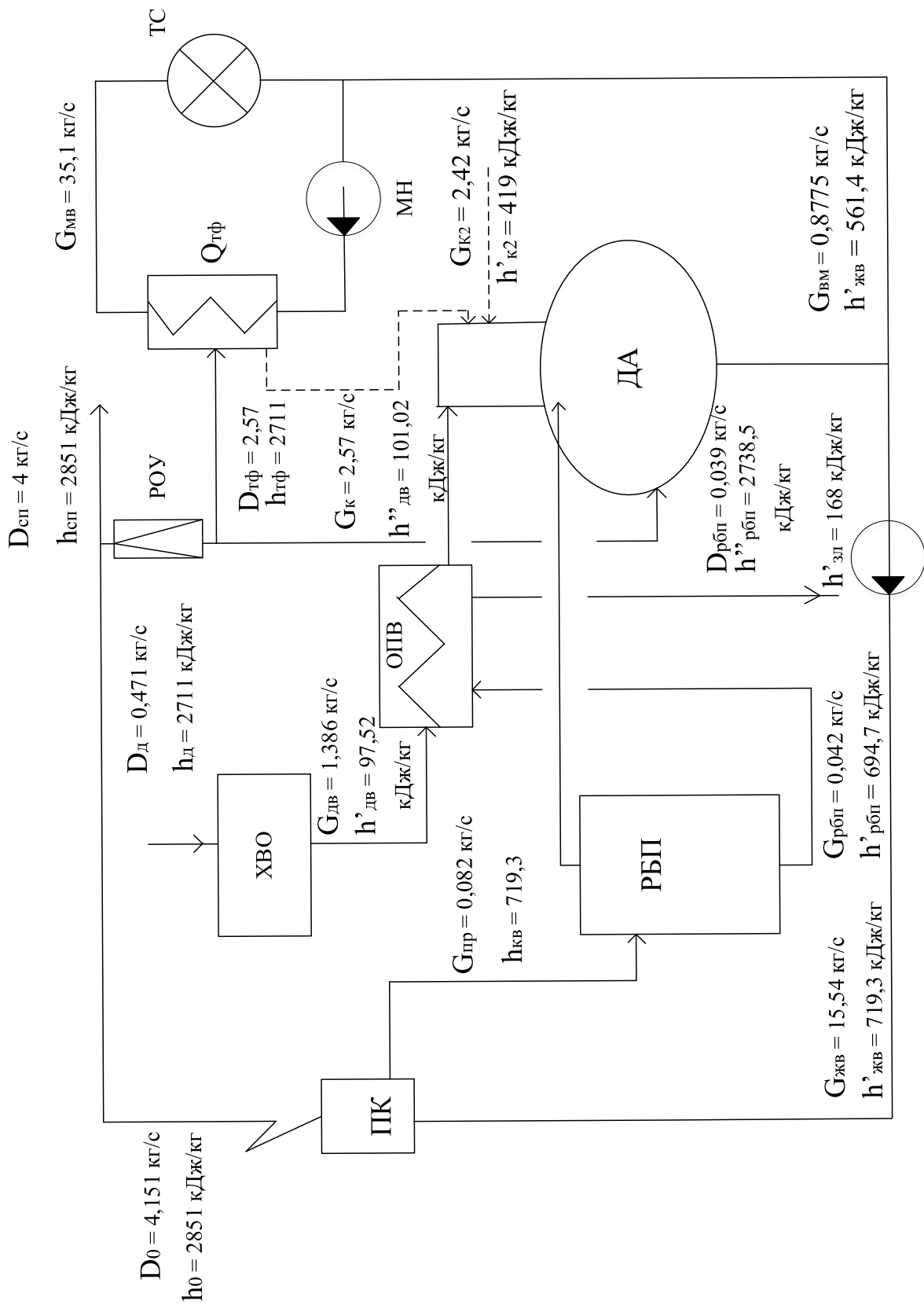


Рисунок 3.2 – Існуюча теплова схема котельні з витратами теплоносіїв

Теплова потужність охолодника продувальної води, кВт

$$Q_{\text{опв}} = G_{\text{рбп}} \cdot (h'_{\text{рбп}} - h'_{\text{зл}}) \cdot \eta_{\text{то}}, \quad (3.14)$$

$$Q_{\text{опв}} = 0,0429 \cdot (604,7 - 168) \cdot 0,98 = 18,35.$$

Теплова потужність котельні, МВт

$$Q_{\text{к}} = [(D_0 + D_0 \cdot \alpha_{\text{вп}}) \cdot (h_0 - h'_{\text{жв}}) + D_0 \cdot p \cdot (h'_{\text{кв}} - h'_{\text{жв}})] \cdot 10^{-3}, \quad (3.15)$$

$$Q_{\text{к}} = [4,151 \cdot (1 + 0,02) \cdot (2851 - 561,4) + 4,151 \cdot 0,02 \cdot (719,3 - 561,4)] \cdot 10^{-3} = 9,707.$$

Витрата умовного і робочого палива

$$B_{\text{у}} = Q_{\text{к}} / (Q_{\text{н}^{\text{п}}_{\text{у}}} \cdot \eta_{\text{к}}), \quad (3.16)$$

$$B_{\text{у}} = 9,707 / (29,330 \cdot 0,92) = 0,359 \text{ (кг/с)}.$$

$$B_{\text{р}} = Q_{\text{к}} / [(Q_{\text{н}^{\text{с}}}] \cdot \eta_{\text{к}}], \quad (3.17)$$

$$B_{\text{р}} = 9,707 / (33,7 \cdot 0,92) = 0,313 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

ККД котельні

$$\eta_{\text{кот}} = (Q_{\text{сп}} + Q_{\text{тф}}) / (B_{\text{у}} \cdot Q_{\text{н}^{\text{п}}_{\text{у}}}), \quad (3.18)$$

$$\eta_{\text{кот}} = (2,74 + 6) / (0,359 \cdot 29,330) = 0,827.$$

Витрата робочого палива за опалювальний період, тис. г

$$B_{\text{оп}} = B_{\text{р}} \cdot \tau_{\text{оп}} \cdot 3,6, \quad (3.19)$$

$$B_{\text{оп}} = 0,313 \cdot 4080 \cdot 3,6 = 4597,34.$$

Затрати на паливо в опалювальний період, млн. грн

$$Z_{\text{п}}^{\text{оп}} = B_{\text{оп}} \cdot Ц_{\text{п}} \cdot 10^{-6}, \quad (3.20)$$

$$Z_{\text{п}}^{\text{оп}} = 4597340 \cdot 11,8 \cdot 10^{-6} = 54,24.$$

Позначимо витрати теплоносіїв в опалювальний період на схемі котельні на рисунку 3.2



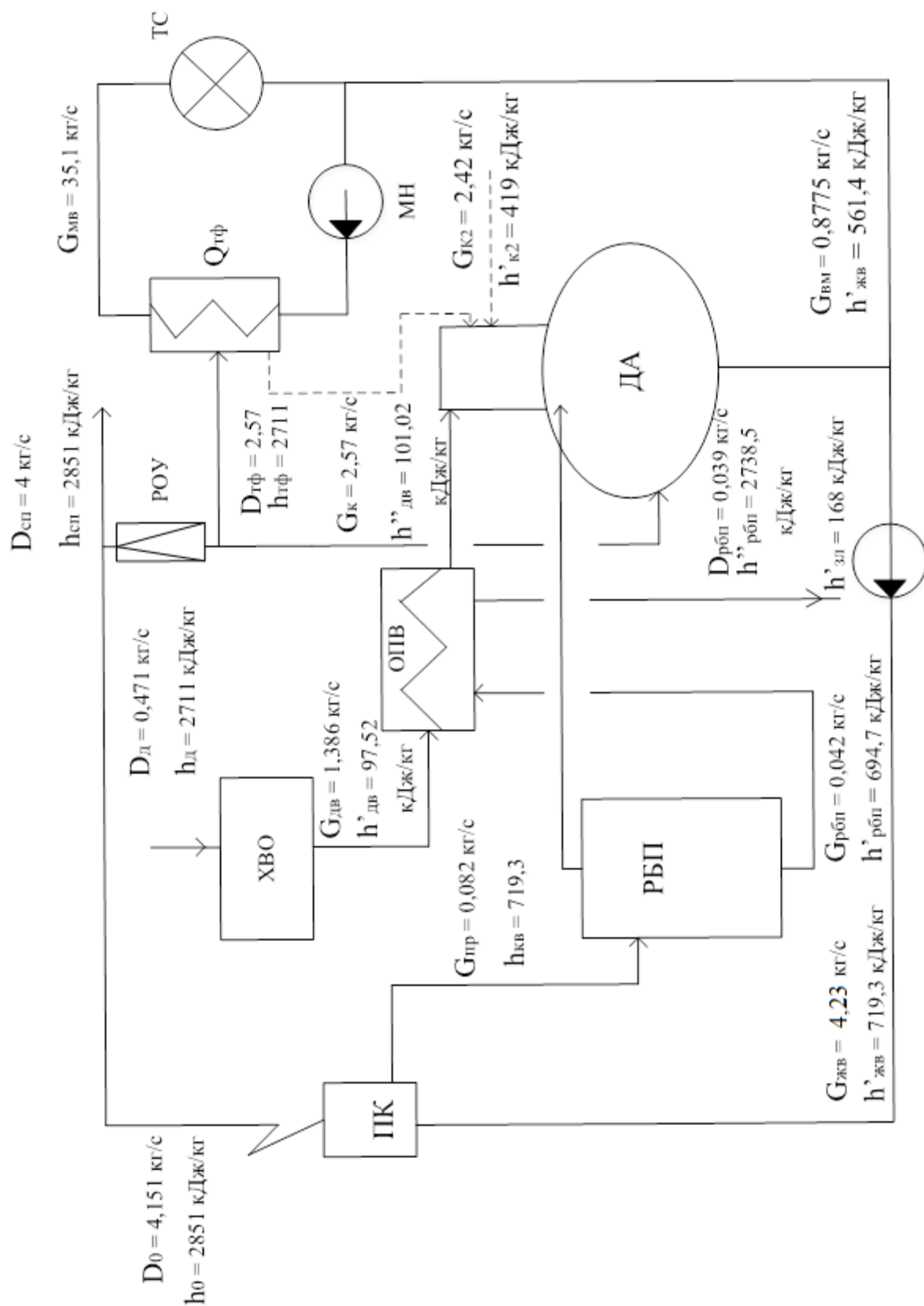


Рисунок 3.2 – Існуюча теплова схема котельні з витратами теплоносіїв

Проведемо розрахунок існуючої теплової схеми парової котельні підприємства в неопалювальний період.

Витрата пари на теплофікаційний теплообмінник, кг/с

$$D_{\text{тф}} = 2 \cdot 10^3 / [(2851 - 517,8) + (1 - 1) \cdot (517,8 - 21)] = 0,857.$$

Потужність промислового споживача, МВт

$$Q_{\text{сп}} = 4/3,6 \cdot [(2851 - 502,8) + (1 - 0,75) \cdot (502,8 - 21)] \cdot 10^{-3} = 2,74.$$

Витрати конденсатів, що надходять в деаератор, кг/с

$$G_{\text{к2}}^{\text{сп}} = 4/3,6 \cdot 0,65 = 0,72.$$

$$G_{\text{к2}}^{\text{тф}} = G_{\text{к1}}^{\text{тф}} = G_{\text{к}}^{\text{тф}} = 0,857 \cdot 1 = 0,857.$$

Витрата мережної води, кг/с

$$G_{\text{мв}} = 2 \cdot 10^3 \cdot 0,98 / [4,187 \cdot (110 - 70)] = 11,7.$$

Витрата води на підживлення мережі, кг/с

$$G_{\text{пм}} = 0,025 \cdot 11,7 = 0,292.$$

Паровидатність котельні, кг/с

$$D_0 = 4/3,6 + 0,857 + D_{\text{д}} = D_{\text{д}} + 3,68.$$

Витрата живильної води, кг/с

$$G_{жв} = D_0 \cdot (1 + 0,02 + 0,02) = 1,04 \cdot D_0.$$

Кількість продувальної води, кг/с

$$G_{пр} = 0,02 \cdot D_d + 0,073.$$

Витрата насиченої пари вторинного закипання з РБП

$$D_{рбп} = (0,02 \cdot D_d + 0,073) \cdot (719,3 - 604,7) / (2738,5 - 604,7) = 0,001 \cdot D_d + 0,039.$$

Витрата насиченої води з РБП

$$G_{рбп} = (0,02 \cdot D_d + 0,073) - (0,001 \cdot D_d + 0,039) = 0,019 \cdot D_d + 0,034 \text{ (кг/с)}.$$

Ентальпія додаткової води після підігріву в ОПВ

$$h'_{дв2} = 84 + (0,019 \cdot D_d + 0,034) \cdot (604,7 - 168) / G_{дв} = 84 + (8,29 \cdot D_d + 14,84) / G_{дв}.$$

Матеріальний баланс деаератора

$$D_d + 0,72 + 0,857 + G_{дв} + 0,001 \cdot D_d + 0,039 = 1,04 \cdot D_d + 0,292,$$

звідки

$$G_{дв} = 1,324 + 0,039 \cdot D_d.$$

Теплота, що вноситься в деаератор з додатковою водою

$$G_{дв} \cdot h'_{дв2} = G_{дв} \cdot [84 + (8,29 \cdot D_d + 14,84) / G_{дв}] = 84 \cdot G_{дв} + (8,29 \cdot D_d + 14,84).$$

Тепловий баланс деаератора

$$D_d \cdot h_d + G_{k2}^{сп} \cdot h'_{k2}^{сп} + G_{k2}^{тф} \cdot h'_{k2}^{тф} + G_{дв} \cdot h'_{дв2} + D_{рбп} \cdot h''_{рбп} = (G_{жв} + G_{пм}) \cdot h'_{жв}$$

Тоді

$$\begin{aligned} D_d \cdot 2851 + 0,72 \cdot 419 + 0,857 \cdot 398 + 392,44 + 11,56 \cdot D_d + (2,738 \cdot D_d + 0,68) = \\ = (1,04 \cdot D_d + 0,292) \cdot 561,4. \end{aligned}$$

Звідки  $D_d = 2,61$  кг/с. Підставимо отримане значення в попередні вирази і отримаємо такі витрати теплоносіїв (кг/с) та ентальпію додаткової води на вході в деаератор (кДж/кг):

$$D_0 = 6,29; G_{дв} = 1,42; G_{пр} = 0,125; D_{рбп} = 0,041; G_{рбп} = 0,0835; h'_{дв2} = 109,68.$$

Зобразимо результати розрахунку витрат теплоносіїв в неопалювальний період на ділянках схеми на рисунку 3.3.

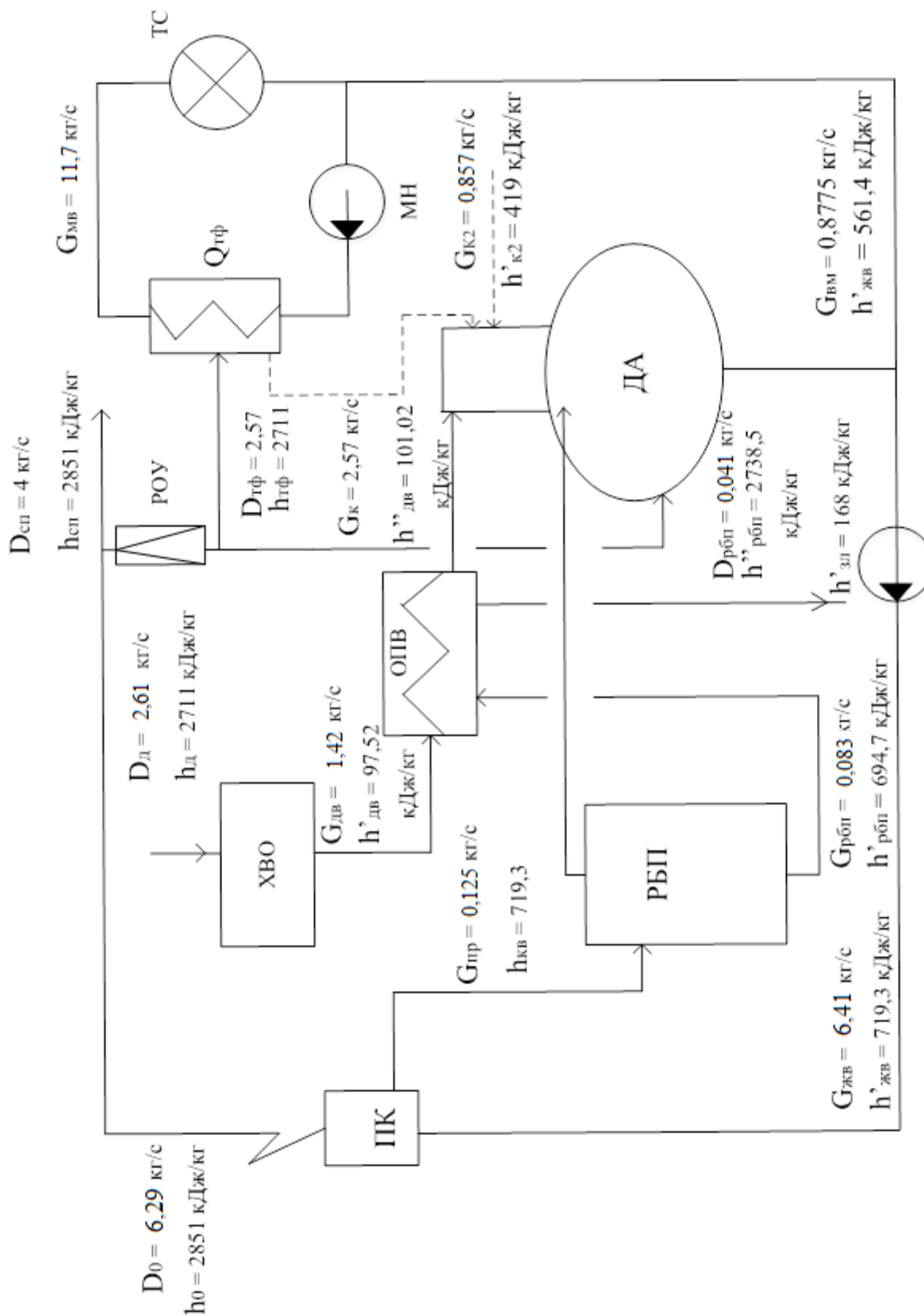


Рисунок 3.3 – Тепловая схема котельни в неопаловальный период з витратами теплоносій

Теплова потужність охолодника продувальної води, кВт

$$Q_{\text{опв}} = 0,0835 \cdot (604,7 - 168) \cdot 0,98 = 35,73.$$

Теплова потужність котельні, МВт

$$Q_{\text{к}} = [6,29 \cdot (1 + 0,02) \cdot (2851 - 561,4) + 6,29 \cdot 0,02 \cdot (719,3 - 561,4)] \cdot 10^{-3} = 14,709.$$

Витрата умовного і робочого палива

$$B_y = 14,709 / (29,330 \cdot 0,92) = 0,545 \text{ (кг/с)}.$$

$$B_p = 14,709 / (33,7 \cdot 0,92) = 0,474 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

ККД котельні

$$\eta_{\text{кот}} = (2,74 + 6) / (0,545 \cdot 29,330) = 0,546.$$

Витрата робочого палива в неопалювальний період, тис. кг

$$B_{\text{оп}} = 0,474 \cdot 2420 \cdot 3,6 = 4129,48.$$

Затрати на паливо в неопалювальний період, млн. грн

$$Z_{\text{п}}^{\text{оп}} = 4129480 \cdot 11,8 \cdot 10^{-6} = 48,72.$$

Таблиця 3.1. Результати розрахунку теплової схеми парової котельні в опалювальний та неопалювальний період

Показник	Значення
Теплова потужність котельні	9,707 МВт
Потужність споживачів пари	2,74 МВт
Витрата робочого палива в опалювальний період	4597,34 кг

Затрати на паливо в опалювальний період	54,24 млн. грн
Витрата палива в неопалювальний період	4129,48 кг
Затрати на паливо в неопалювальний період	48,72 млн. грн
ККД котельні	0,827

3.2 Дослідження точності програми «VNTU ISD» та «THERMOPHYS» для визначення термодинамічних та теплофізичних властивостей робочих тіл теплових двигунів

### 3.2.1 Дослідження точності програми «VNTU ISD»

При розрахунках теплоенергетичних установок для визначення параметрів води та пари користуються  $h(i)$ - $S$  діаграмою або таблицями [14]. В [14] наведені рівняння апроксимацій  $h$ - $S$  діаграми. Їх недоліком є складність та, відповідно, великі трудовитрати на програмування. Значно простішими є рівняння [16]. Проте, вони були розроблені раніше ніж більш сучасні рівняння, за якими розраховані загальноприйняті таблиці [14]. Тому є доцільним визначити точність рівнянь [16] відносно даних [14], які прийняті за еталон.

Програмна реалізація рівнянь [16] «VNTU ISD» містить підпрограми розрахунків параметрів води  $h_b=h(p, t)$ ,  $S_b=S(p, t)$ ,  $v_b=v(p, t)$ ,  $t_b=t(p, h_b)$  та пари. Це прямі функції  $t_s=t(p)$ ,  $p_s=p(t)$ ,  $h_n=h(p, t)$ ,  $S_n=S(p, t)$ ,  $v_n=v(p, t)$  та зворотні функції  $x$ ,  $t=x$ ,  $t(p, h_n)$ ,  $h_n=h(p, S_n)$ ,  $v_n=v(p, h_n)$ .

Результати розрахунків за прямими функціями наведені в таблицях 3.3.n (Додаток В). В них позначені:  $V$ - питомий об'єм  $[m^3/kg]$ ,  $h$  -ентальпія  $[kJ/kg]$ ,  $s$ -ентропія  $[kJ/(kg \cdot gr)]$ .  $P$  – тиск МПа,  $t$  – температура  $^{\circ}C$ , «прогр.» – розраховані параметри, «довідн.» – параметри з довідника [14],  $\delta$  – похибка розрахунку.

Як видно з таблиць, за прямими функціями максимальна похибка розрахунків питомого об'єму складає 0,35%, ентальпії – 0,0842%, ентропії – 0,065%.

На відміну від інших подібних програм, програма «VNTU ISD» містить підпрограми розрахунків так званих “зворотніх” функцій розрахунків питомого об’єму  $V$  [ $\text{м}^3/\text{кг}$ ], ентропії  $s$  [ $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{град})$ ], міри сухості та температури  $x, t$  [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Результати наведені в таблицях 3.4.п. (Додаток В).

За зворотніми функціями максимальна похибка розрахунків питомого об’єму складає 2,9 %, ентропії – 0,037 %, температури – 0,67%.

Проведемо дослідження похибок розрахунків теплофізичних властивостей водяної пари програмою «VNTU ISD». Для цього визначимо значення коефіцієнта кінематичної в’язкості  $\nu$  [ $\text{м}^2/\text{с}$ ], теплоємності  $C$  [ $\text{кДж}/\text{кг}\cdot\text{град}$ ], теплопровідності  $\lambda$  [ $\text{мВт}/(\text{м}\cdot\text{град})$ ], числа Прандтля  $Pr$ .

Результати наведено в таблицях 3.5.п. (Додаток В). Отримані значення порівнюються з довідниковими даними [17].

Як видно з таблиць, перевищують похибку 5% розрахунки: теплоємності  $c$  при температурах 180-450  $^{\circ}\text{C}$  та тисках 1-20 МПа ; коефіцієнта кінематичної в’язкості  $\nu$  при тепературах,  $^{\circ}\text{C}$ , і тисках, Мпа , відповідно: 800 та 1; 310 та 9; 350-400 та 15; 400-430 та 20; коефіцієнта теплопровідності  $\lambda$  при тепературах,  $^{\circ}\text{C}$ , і тисках, Мпа , відповідно: 180-200 та 1 ;240-300 та 3;310-350 та 9;350-430 та 15; 370-450 та 0,003; числа Прандтля  $Pr$  при тепературах,  $^{\circ}\text{C}$ , і тисках, Мпа , відповідно: 240-300,3; 310-350,9;350-430,15; 370-450,0,003.

### 3.2.2 Дослідження точності програми «THERMOPHYS» для розрахунків параметрів фреонів

Для побудови процесу розширення фреону в турбіні використовується програма розрахунку параметрів фреонів [18]. Доцільно визначити точність даної програми.

Результати визначення похибок розрахунків програмою приведені в таблицях 1-6 (Додаток Г). В таблицях позначені:  $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$  – температура;  $P$ , МПа – тиск;  $h_{\text{прог}}$ ,  $\text{кДж}/\text{кг}$  – розрахована ентальпія;  $h_{\text{довг}}$ ,  $\text{кДж}/\text{кг}$  – ентальпія з довідника;  $\delta$ , % - похибка розрахунку,  $s_{\text{прог}}$ ,  $\text{кДж}/\text{кг}\cdot\text{град}$  – розрахована ентропія,  $s_{\text{довг}}$ ,  $\text{кДж}/\text{кг}\cdot\text{град}$  – ентропія з довідника. Отримані значення порівнюються з довідниковими даними [19].



Як видно з таблиць, похибки розрахунків ентальпії та ентропії фреонів R134a та R12 в межах припустимих. Похибки розрахунків ентальпії та ентропії фреону R 21 за межами припустимих.

### 3.3 Ефективність перетворення котельні в міні-ТЕЦ шляхом встановлення парової турбіни

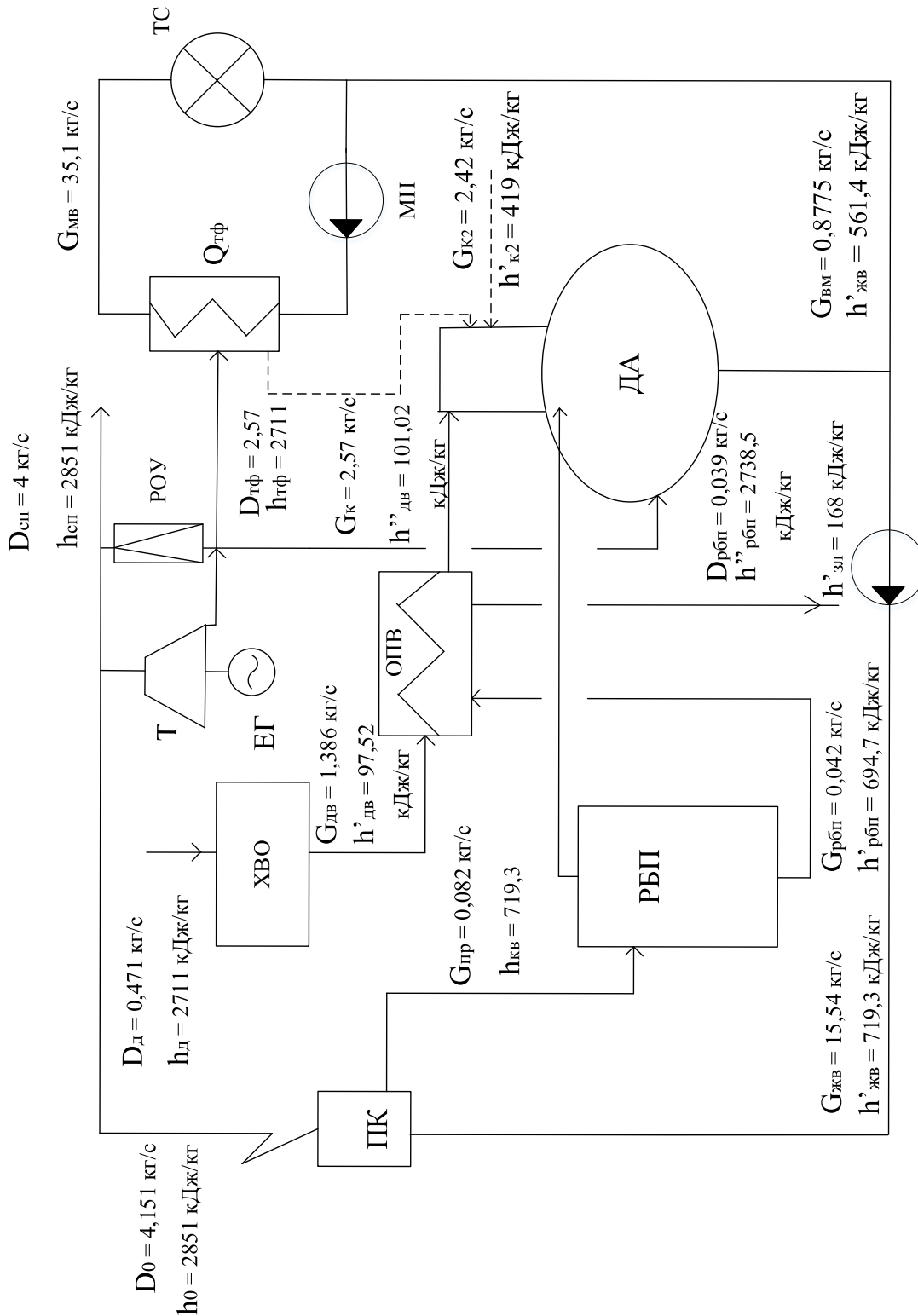


Рисунок 3.3 – Теплова схема котельні з паровою турбіною

Теоретичний теплоперепад в турбіні, кДж/кг

$$H_0 = h_0 - h_{п0}, \quad (3.21)$$

$$H_0 = 2851 - 2700 = 151.$$

Зобразимо процес розширення пари в турбіні.

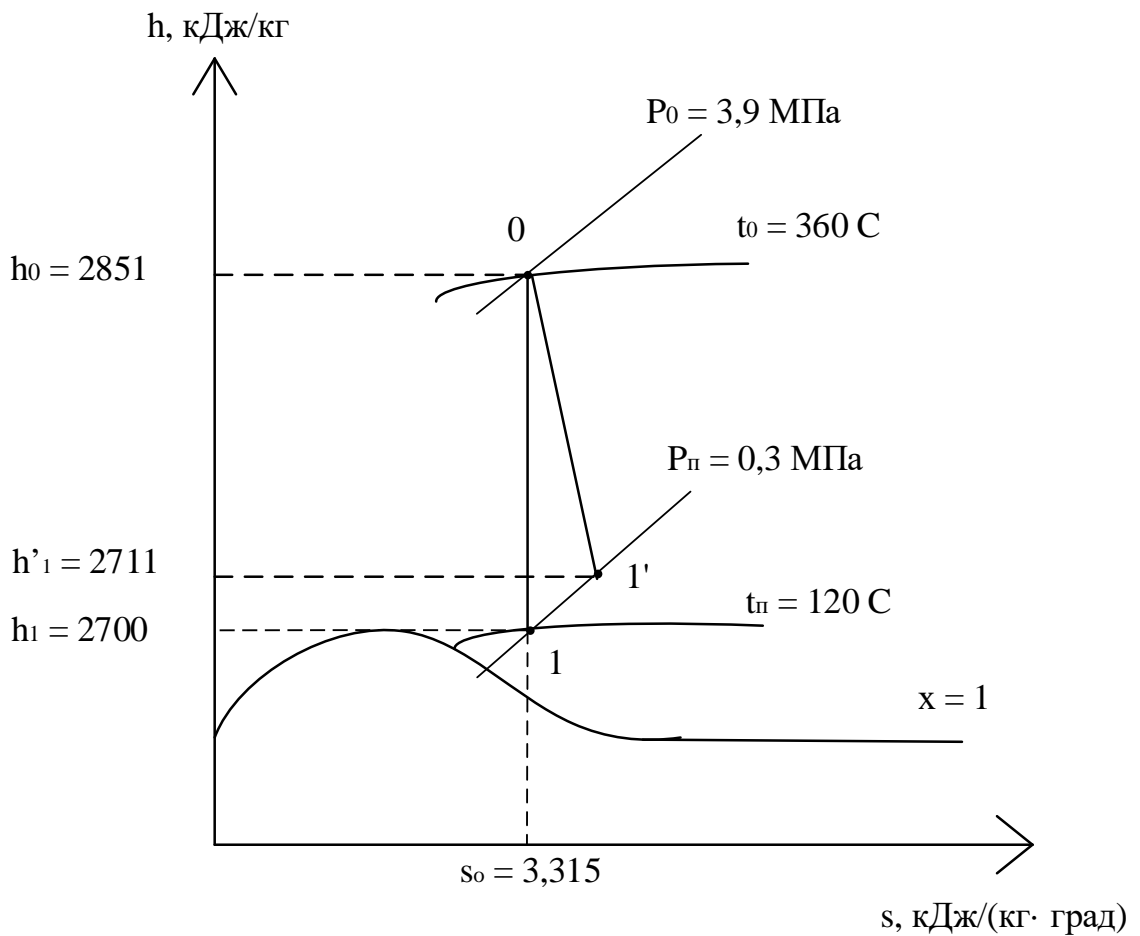


Рисунок 3.4 – Процес розширення пари в турбіні, кДж/кг

Розрахунковий теплоперепад в турбіні, кДж/кг

$$H_p = h_0 - h'_{1}, \quad (3.22)$$

$$H_p = 2851 - 2711 = 140.$$

Потужність турбіни в опалювальний період, кВт

$$N_T = G_{\text{роу}} \cdot H_0 \cdot \eta_T \cdot \eta_{\text{ем}}, \quad (3.23)$$

$$N_T = 2,73 \cdot 151 \cdot 0,89 \cdot 0,98 = 358,83.$$

Вибираємо парову турбіну потужністю 350 кВт (ПВМ – 350). [20]

Економія електроенергії в опалювальний період, кВтгод/рік

$$EE_{\text{річ}} = 350 \cdot \tau_{\text{оп}} \quad (3.24)$$

$$EE_{\text{річ}} = 350 \cdot 4080 = 1428000.$$

Економія коштів за електроенергію, млн. грн

$$E_{\phi} = EE_{\text{річн}} \cdot \text{Ц}_{\text{се}} \cdot 10^{-6}, \quad (3.25)$$

де  $\text{Ц}_{\text{се}} = 2,8$  – середнє значення тарифу на електричну енергію, грн/кВт · год

$$E_{\phi} = 1428000 \cdot 2,8 \cdot 10^{-6} = 4.$$

тобто прибуток в опалювальний період складає 4 млн.грн.

Економія електроенергії в неопалювальний період, кВтгод/рік

$$EE_{\text{річ}} = 350 \cdot \tau_{\text{неоп}} \quad (3.26)$$

$$EE_{\text{річ}} = 350 \cdot 2420 = 847000.$$

Економія коштів за електроенергію в неопалювальний період, млн. грн

$$E_{\phi} = 847000 \cdot 2,8 \cdot 10^{-6} = 2,37.$$

тобто прибуток в неопалювальний період складає 2,37 млн.грн.

Порівняємо характеристики існуючого варіанту котельні та проекту котельні з паровою турбіною (Таблиця 3.12). Розрахунок техніко-економічних показників наведено в 5 розділі магістерської роботи.

Таблиця 3.12 – Порівняння характеристик

№	Назва параметрів	Варіант	
		Існуючий	З паровою турбіною
1	Витрати на паливо, млн.грн.	189,1	189,1
2	Капіталовкладення, млн.грн.	-	15,03
3	Річна плата за електроенергію, млн. грн.	9,68	3,31
4	Річна економія коштів, млн.грн.	-	6,37
5	Термін окупності, років	-	2,36

3.4 Ефективність перетворення котельні в міні-ТЕЦ шляхом встановлення фреонової турбіни

Як робоче тіло фреонової турбіни використовується хладон R134a.

Модернізована схема з фреоновою турбіною показана на рисунку 3.5.

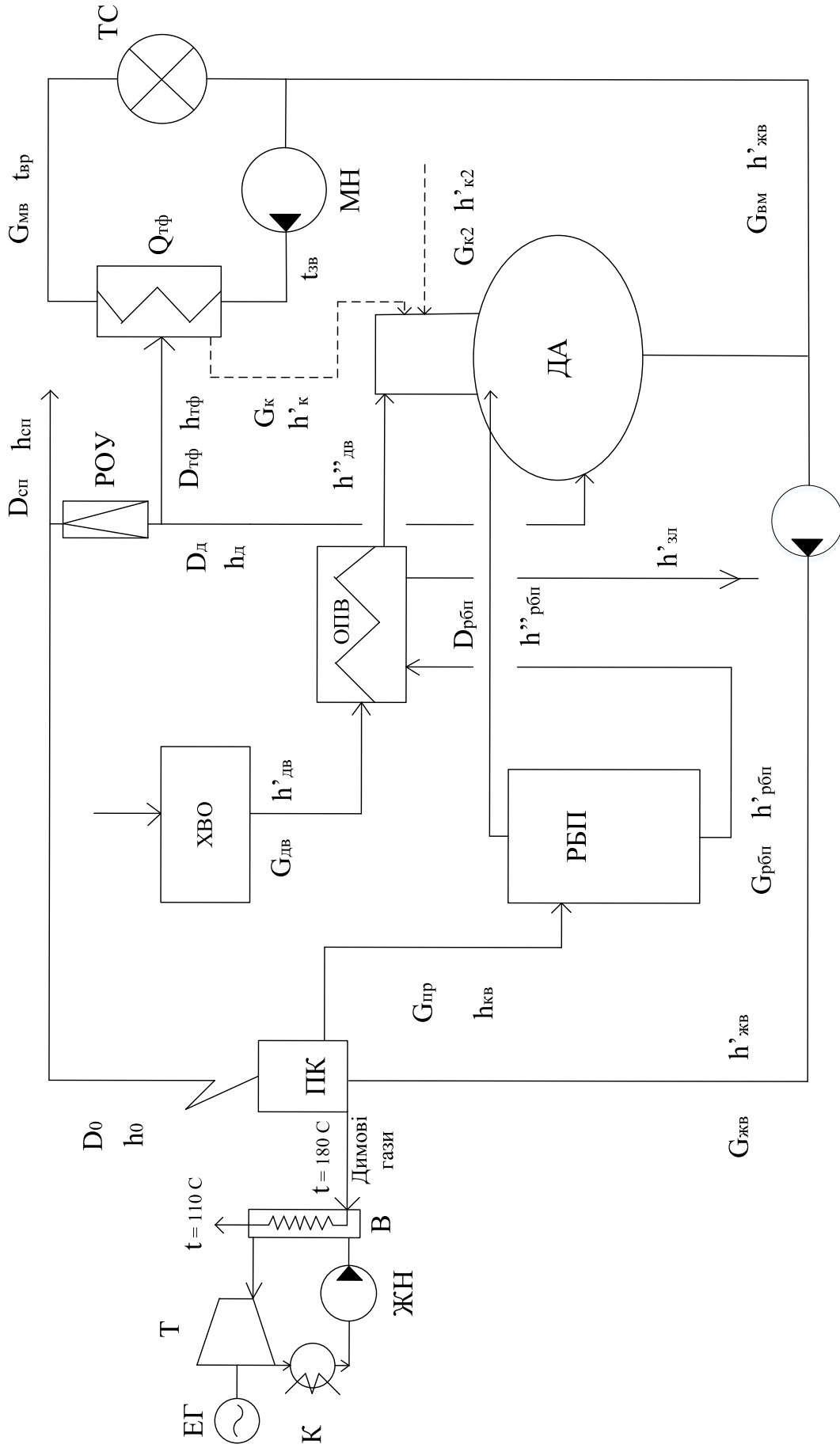


Рисунок 3.5 – Теплова схема котельні з фреоновою турбіною

Позначення на схемі:

ДА – деаератор призначений для видалення розчинених газів із живильної води; ХВО – хімводоочистка здійснюється підготовка води та хімочищення; ОПВ – підігрівник очищеної води; РБП – розширник безперервної продувки; РОУ – редуційно – охолоджувальна установка; ТС – тепловий споживач; МН – мережний насос; ЖН – живильний насос; К – конденсатор; ЕГ – електрогенератор; Т – турбіна.

Джерелом теплоти для фреонової установки є димові газы. Їх температура на вході становить  $t_{\text{вх}} = 180 \text{ }^\circ\text{C}$ , на виході  $t_{\text{вих}} = 110 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Кількість теплоти, відведеної від димових газів

$$Q = C_{\text{дг}} \cdot m_{\text{дг}} \cdot \Delta t, \quad (3.35)$$

де  $m$  – витрата газів;

$C_{\text{дг}}$  – теплоємність газів;

$\Delta t$  – різниця температур входу та виходу газів.

Витрата газу в парогенераторі складає  $V_p = 0,55 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Питому об'ємну витрату димових газів  $v_{\text{дг}}$  оцінимо в  $12 \text{ м}^3/\text{м}^3$ .

Густину димових газів приймаємо  $\rho_{\text{дг}} = 0,9 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Об'ємна витрата димових газів складає

$$V_{\text{дг}} = V_p \cdot v_{\text{дг}}, \quad (3.36)$$

$$V_{\text{дг}} = 0,55 \cdot 12 = 6,6 \text{ (м}^3/\text{с)}$$

Масова витрата димових газів

$$m_{\text{дг}} = V_{\text{дг}} \cdot \rho_{\text{дг}}, \quad (3.37)$$

$$m_{\text{дг}} = 6,6 \cdot 0,9 = 5,94 \text{ (кг/с)}.$$

Тоді кількість тепла, відведеного від димових газів, кВт

$$Q = 1 \cdot 5,94 \cdot (180 - 110) = 415,8.$$

Кількість пари фреону з випарника

$$m_{\text{фр}} = \frac{Q}{r \cdot \eta_{\text{вип}}}, \quad (3.38)$$

$$m_{\text{фр}} = \frac{415,8}{54,5 \cdot 0,95} = 8,03 \text{ (кг/с)}.$$

Приймаємо, що я пара фреону буде надходити в турбіну з початковими та кінцевими параметрами, наведеними в розглянутій в попередньому підрозділі статті.

Процес розширення пари в турбіні

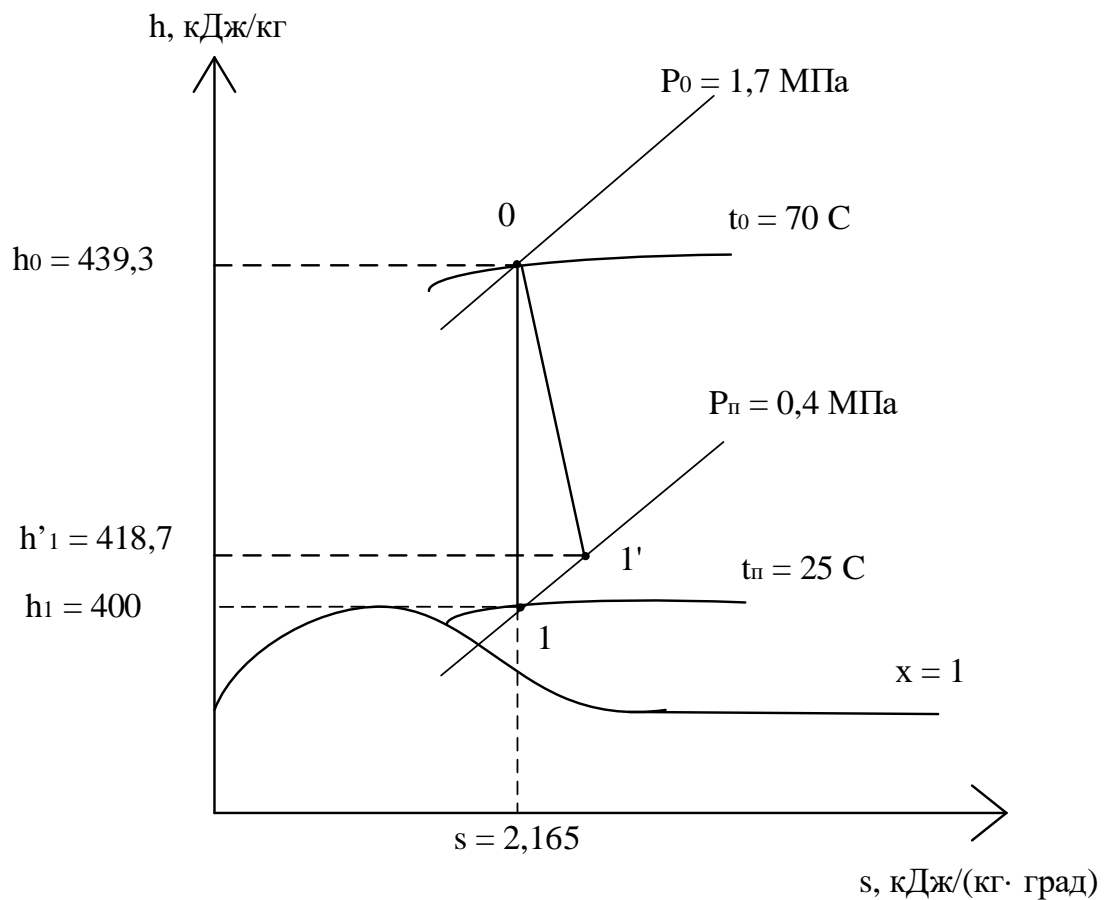


Рисунок 3.6 – Процес розширення в турбіні, кДж/кг

Потужність турбіни, кВт

$$N_T = (h_0 - h'_1) \cdot m_{\text{фр}} \quad (3.39)$$

$$N_T = (439,3 - 418,7) \cdot 8,03 = 183,75.$$

Економія електроенергії, кВтгод/рік

$$EE_{\text{річ}} = N_{\text{тур}} \cdot \tau_{\text{оп}} \quad (3.24)$$

$$EE_{\text{річ}} = 183,7 \cdot 4080 = 749496.$$

Річна економія коштів за електроенергію, млн. грн

$$E_{\text{ф}} = EE_{\text{річн}} \cdot \text{Ц}_{\text{ес}} \cdot 10^{-6}, \quad (3.41)$$

де  $\text{Ц}_{\text{ес}} = 2,8$  – середнє значення тарифу на електричну енергію, грн/кВт · год,

$$E_{\text{ф}} = 749496 \cdot 2,8 \cdot 10^{-6} = 2,09,$$

тобто річний прибуток 2,09 млн.грн.

Техніко-економічний розрахунок проекту встановлення фреонової турбіни наведено в 5 розділі магістерської роботи.



Висновки до розділу:

В даному розділі магістерської дипломної роботи розрахована теплова схема котельні ТОВ «Вінниця-млин». Проектним рішенням модернізації схеми котельні є встановлення парової та фреонової турбіни. Показники порівняння двох варіантів наведені в таблиці 3.13.

Таблиця 3.13 – Порівняння характеристик

№	Назва параметрів	Варіант	
		З паровою турбіною	З фреоновою турбіною
1	Витрати на паливо, млн.грн.	86,42	86,42
2	Загальні капіталовкладення, млн.грн.	11,95	13,66
3	Річна економія коштів, млн.грн.	6,37	2,09
4	Вироблена електроенергія, кВт год/рік	2275000	749496
5	Термін окупності, років	2,37	8,27

З огляду на отримані результати можемо зробити висновки про доцільність встановлення парової турбіни.

Отже, встановлення локалізованого джерела тепlopостачання ТОВ «Вінниця-млин» дає значну економічну ефективність, тому доцільна і необхідна.

Також в даному розділі магістерської роботи досліджена точність програм «VNTU ISD» та «THERMOPHYS». В якості математичної моделі стану води та водяної пари прийняті відомі достатньо прості рівняння. Математична модель стану води та водяної пари реалізована програмою «VNTU ISD». Її перевагою є наявність, так званих, зворотніх функцій, полегшуючих розрахунки паротурбінних установок. Досліджена точність результатів розрахунків програмою «VNTU ISD» відносно загальноприйнятих таблиць теплофізичних властивостей води та водяної пари. За прямими функціями максимальна похибка розрахунків питомого об'єму складає

0,35%, ентальпії – 0,0842%, ентропії – 0,065%. За зворотніми функціями максимальна похибка розрахунків питомого об'єму складає 2,9 %, ентропії – 0,037 %, температури – 0,67%. Точність програми «VNTU ISD» дозволяє її використання в навчальному та реальному проектуванні традиційних та відновлюваних джерел енергії.

## 4 АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ СТИМУЛЮВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ ДО ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

### 4.1 Теоретичні засади стимулювання промислових підприємств до енергозбереження

Електроенергія та теплоенергія використовуються в переважній більшості технологічних процесів промислових підприємств. На сьогоднішній день енергопостачальні компанії (ЕК) не схильні до підвищення ефективності виробничої діяльності, стимулювання споживачів до впровадження енергоощадних технологій та організаційних заходів зі зменшення втрат енергії на підприємствах [21].

Виникає необхідність удосконалення систем стимулювання енергоощадних заходів на підприємствах, оскільки існуючі системи матеріального стимулювання не в повній мірі відповідають сучасним вимогам через відсутність реальних стимулів до енергозбереження.

Систему стимулювання можна визначити як процедуру прийняття управлінським органом рішень відносно спонукання суб'єктів управління до виконання необхідних дій [22]. Розробка стратегії вибору системи стимулювання енергозбереження, яка була б оптимальною для промислового підприємства з урахуванням особливостей його виробничого процесу і системи електропостачання, є найбільш складною задачею у вирішенні проблеми енергозбереження. Задачі стимулювання впровадження нових засобів підвищення ефективності енерговикористання відносяться до задач управління проектами, яким характерні взаємозалежність дій і результатів діяльності різних посадових осіб і колективів, інтереси яких істотно відрізняються.

Найбільш детально вивченим (і розповсюдженим на практиці) різновидом стимулювання до енергозбереження являється матеріальне стимулювання [22].

Для промислових підприємств ощадне використання енергетичних ресурсів є одним з основних факторів зниження собівартості продукції, тобто конкретним матеріальним стимулом до енергозбереження. Забезпечення раціонального

використання енергоресурсів здійснюється шляхом виявлення та стимулювання найбільш ефективних організаційних та технічних заходів енергозбереження.

Понаднормові втрати електроенергії та теплоенергії – прямі фінансові збитки підприємства. Економію від зниження втрат можна було б спрямувати на технічне переоснащення виробничих цехів, збільшення зарплати персоналу, підвищення надійності і якості електропостачання.

Вигода від енергозбереження підтверджується також і світовим досвідом. Доведено, що тільки за рахунок впровадження організаційних і швидкоокупних маловитратних заходів з електрозбереження на підприємствах досягається річна економія енергетичних ресурсів 10-15% [22].

Проблема раціонального використання енергоресурсів на підприємстві ТОВ «Вінниця-млин» не може бути вирішена одномоментно і потребує комплексу різнопланових заходів, спрямованих на активізацію впровадження енергоефективних рішень. До таких заходів необхідно віднести економіко-енергетичне дослідження підприємства, визначення потенціалу енергозбереження, формування заходів з енергозбереження та їх техніко-економічне порівняння, реалізація економічно обґрунтованих груп напрямів підвищення енергоефективності та моніторинг стану підприємства після їх реалізації [21]. Особливу увагу необхідно приділити заходам з енергозбереження організаційного спрямування. Реалізація даних заходів не потребує капітальних витрат і економічний ефект, отриманий від їх впровадження, у багатьох випадках може перевищувати ефекти від заходів технічного або виробничого спрямування. Не менш важливими є напрями підвищення енергоефективності підприємства, що передбачають використання власного енергетичного потенціалу підприємства. Після ґрунтовного економіко-енергетичного дослідження підприємства, що є першим етапом всього комплексу організаційно-економічних заходів, значну увагу необхідно звернути на використання енергетичного потенціалу шляхом реалізації наступних напрямів енергозбереження виробничого процесу:

- зниження споживання енергії завдяки покращенню управління підприємством, зменшення енергоємності переробки сировини, покращення якості палива і сировини, поліпшення і оптимізації технологічного процесу;

- заміщення традиційних джерел енергії альтернативними або більш дешевими місцевими видами палива. Використання потенціалу теплових викидів, димових газів, стічних вод, твердих побутових відходів. Генерація енергії за допомогою теплових насосів, сонячних колекторів, біогазових установок. Перехід на локалізовані джерела енергопостачання;

- збільшення коефіцієнта використання ПЕР. Заміна і модернізація обладнання, теплоізоляція обладнання, будівель і мереж, заміна освітлювальних приладів на енергозберігаючі, автоматизація і механізація праці, підвищення кваліфікації працівників виробництва;

- стимулювання та заохочення працівників підприємства до реалізації політики енергоефективності.

Електроенергія та теплоенергія використовуються в переважній більшості технологічних процесів ТОВ «Вінниця-млин».

Для збереження теплоенергії на ТОВ «Вінниця-млин» буде розглянуто доцільність переходу на локалізоване джерело тепlopостачання [23]. Для реалізації даного заходу з енергозбереження пропонується встановлення індивідуального джерела теплової енергії (котельня) вибір теплової турбіни (парова або фреонова) та їх техніко-економічне порівняння. Ідея проекту полягає у застосуванні на підприємстві турбіни, яка дасть змогу використати необхідний для технологічного процесу перепад тиску та вироблення енергії. Внаслідок такої модернізації виникає можливість виробляти електроенергію, яка надалі використовуватиметься для забезпечення власних потреб підприємства і, в результаті, помітно зменшити витрати на купівлю електроенергії та витрати підприємства в цілому.

## 4.2 Задача стимулювання впровадження засобів підвищення ефективності енерговикористання на ТОВ «Вінниця-млин»

Стимулювання вивчається в таких областях науки як економіка, управління, психологія і т.д. В основу теоретичних даних покладено теорію активних систем [22].

Для зручності побудови моделі стимулювання виділимо трьох учасників трудових відносин (рисунок 4.1) – агент (керований суб'єкт), центр (керуючий суб'єкт), ринок (споживач).

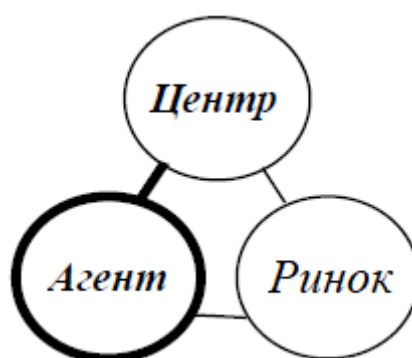


Рисунок 4.1 – Учасники трудових відносин

Розглянемо організаційну систему (ОС), яка складається з одного керуючого органа – центра – і одного керованого суб'єкта – агента [24]. Учасники ОС мають властивість активності, тобто здатністю самостійного вибору дій. Механізмом стимулювання називається правило прийняття рішень центром відносно стимулювання агента. Механізм стимулювання включає в себе систему стимулювання, яка в рамках моделей повністю визначається функцією стимулювання.

Стратегією агента являється вибір дії  $u \in A$ , що належить множині допустимих дій  $A$ . Стратегією центра являється розробка оптимальної функції стимулювання  $\sigma(u) \in M$ , що належить допустимій множині  $M$  і маючій відповідно до дій агента деяку невід'ємну винагороду. Розробка оптимальної функції стимулювання полягає в пошуку такої системи стимулювання, що має гарантовану ефективність [25]. Інтереси учасників організаційної системи обмежені їх цільовими функціями, які відповідно

визначені  $\Phi(*)$  і  $f(*)$  (функції доцільності, вигідності і т.д.), що являють собою різницю між собою для агента – різницю між стимулюванням і затратами

$$f(y) = \sigma(y) - c(y). \quad (4.1)$$

Для центра відповідно – різниця між доходом і затратами центра на стимулювання – винагородою, що виплачується агенту (наприклад, керівником підприємства працівнику).

$$\Phi(y) = H(y) - \sigma(y). \quad (4.2)$$

Виходячи з інтерпретації, функцію  $H(y)$  також можна називати «прибутком», а не «доходом». Якщо використовується матеріальне стимулювання, то можна ввести функцію корисності  $u(\sigma(y))$ , яка б виражала корисність доходу для розглянутого агента. Цільова функція агента при цьому матиме вигляд

$$f(y) = u(\sigma(y)) - c(y). \quad (4.3)$$

Так як значення цільової функції агента залежить як від його власної стратегії – дій, так і від функції стимулювання, то в рамках гіпотези раціональної поведінки [25] агент буде обирати дії, які при заданій системі стимулювання максимізують його цільову функцію. Множина цих дій називається множиною реалізованих дій, що залежить від використаної центром системи стимулювання. Основна ідея стимулювання і полягає в тому, що, підбираючи систему стимулювання, центр спонукає агента обирати ті чи інші дії.

Множина дій агента називається множиною рішень гри або множиною дій, реалізованих даною системою стимулювання

$$P(\sigma) = \text{Arg max } (\sigma(y) - c(y)). \quad (4.4)$$

Пряма задача синтезу оптимальної системи стимулювання заключається в виборі допустимої системи стимулювання, що має максимальну ефективність [25]

$$K(\sigma) \rightarrow \max \Phi(y). \quad (4.5)$$

Припустимо, що агент (ТОВ «Вінниця-млин») розглядає варіант впровадження засобів підвищення ефективності енерговикористання на підприємстві. Йому пропонуються рішення, в яких обговорюється залежність  $\sigma^*$  винагороди від результатів його дій, а також те, які саме конкретні результати від нього очікуються.

Розглянемо принципи, якими керується агент. Перша умова – умова узгодженості стимулювання, яка полягає в тому, що вибір саме дії  $u^*$  доставляє максимум його цільової функції. Тобто система стимулювання узгоджена з інтересами агента. Друга умова – умова індивідуальної раціональності, яка полягає в тому, що при прийнятті даних рішень агент очікує отримати корисність більшу, ніж він міг би отримати, прийнявши інші рішення.

Нехай агент (ТОВ «Вінниця-млин») має свої суб'єктивні уяви про впровадження засобів підвищення ефективності енерговикористання на підприємстві. Позначимо дохідність даних рішень  $p(\sigma)$ ,  $k^*$  - рівень впроваджених засобів підвищення ефективності енерговикористання. Гіпотетична крива розподілу приведена на рисунку 4.2. Зрозуміло, що більш високому рівню впроваджених засобів підвищення ефективності енерговикористання відповідає більш високий дохід.



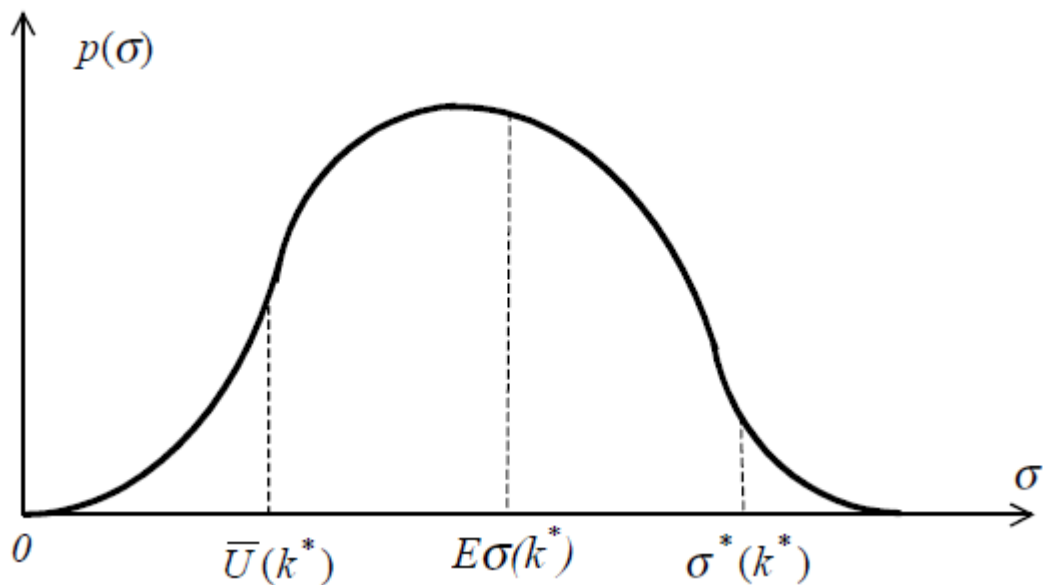


Рисунок 4.2 – Резервний, очікуваний і максимальний дохід агента

Так як агент не може отримати дохід, що перевищує  $\sigma^*(k^*)$ , то очікуваний дохід буде рівний наступній величині

$$E\sigma(k^*) = \int_{U(k^*)}^{\sigma^*(k^*)} \sigma p(\sigma) d\sigma. \quad (4.6)$$

Множина дій агента і відповідних значень доходу, що задовольняють як для центру, так і для агента одночасно всім перерахованим вище обмеженням (погоджені вання, індивідуальної раціональності та ін.) називається «область компромісу» [26], що зображена на рисунку 4.3.

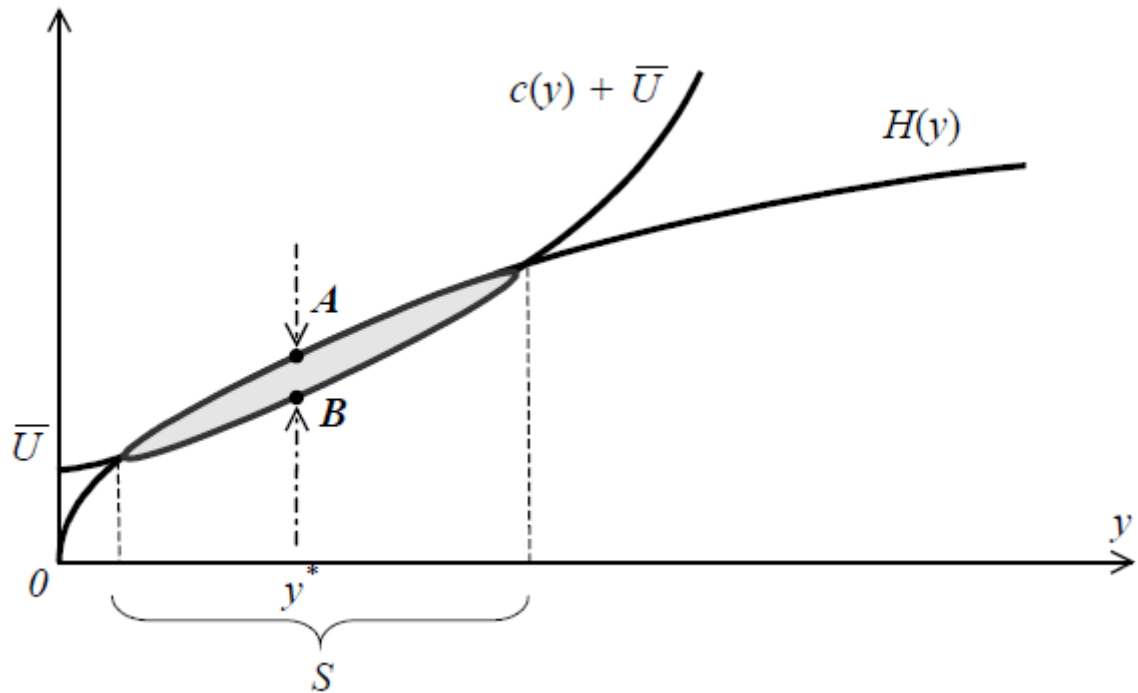


Рисунок 4.3 – Область компромісу в задачі стимулювання

В рамках введених допущень при участі агента в розглянутій організаційній системі йому гарантується як мінімум нульове значення корисності. Умова невід’ємності корисності агента являється умовою індивідуальної раціональності [26].

$$\forall y \in P(\sigma) f(y) \geq 0. \quad (4.7)$$

Нехай функція  $H(y)$  доходу центра – зростаюча і ввігнута, а функція затрат агента  $c(y)$  – вигнута (затрати збільшуються з ростом дій). З точки зору центра стимулювання не може перевищувати дохід, отриманий від дій агента. Відповідно, допустиме рішення лежить нижче функції  $H(y)$  (рисунок 4.3). З точки зору агента стимулювання не може бути менше, ніж сума затрат та резервна корисність (яку агент завжди може отримати, обираючи нульову дію). Відповідно, допустиме рішення лежить вище функції  $c(y) + U$ .

Множина дій агента і відповідних значень винагород, задовольняючих як для центра, так і для агента одночасно з врахуванням всіх перерахованих обмежень (відповідності, індивідуальності, раціональності і т.д.) називається «областю

компромісу» і заштрихована на рисунку 4.3. При цьому реалізованими будуть дії агента з наступної множини

$$S = \{x \in A \mid H(x) - c(x) - U \geq 0\}. \quad (4.8)$$

Оптимальна точка лежить на нижній області компромісу, тобто стимулювання в точності повинно бути рівним сумі затрат агента і резервної корисності. Цей висновок отримав назву «принцип компенсації затрат» [25]. Відповідно з цим принципом, для того, щоб спонукати агента обрати конкретну дію, достатньо крім резервної корисності, компенсувати затрати агента.

Відповідно, для того, щоб агент обрав дію  $x \in A$ , стимулювання зі сторони центру за вибір цієї дії має бути рівним

$$\sigma(x) = c(x) + U + \delta. \quad (4.9)$$

В іншому випадку (тобто при виборі агентом іншої дії) при винагороді рівній нулю умови відповідності стимулювання і індивідуальної раціональності агента все одно будуть виконані. При цьому стимулювання зі сторони центру являється мінімально можливим.

Відповідно, параметричним (з параметром  $x \in A$ ) рішенням задачі стимулювання являється наступна система стимулювання [25]

$$\sigma_{\text{QK}}(x, y) = \begin{cases} c(x) + U + \delta, & y = x \\ 0, & y \neq x \end{cases}, \quad (4.10)$$

що має назву квазікомпенсаторна (QK-типу).

Квазікомпенсаторні системи стимулювання (QK-типу) відрізняються від компенсаторних тим, що дохід отримується агентом тільки при точному виконанні плагу.

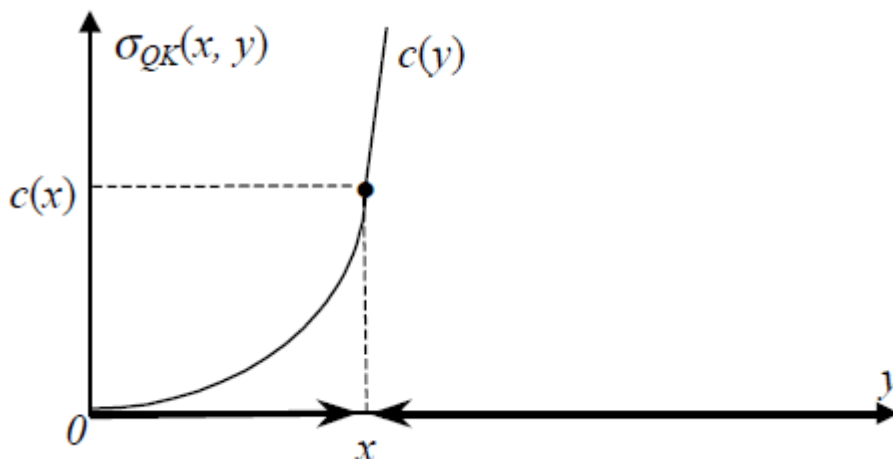


Рисунок 4.4 – Квазікомпенсаторна система стимулювання

Розглянемо тепер, яку дію варто реалізувати центру, тобто яке оптимальне значення  $x \in A$ .

Відповідно до (4.9-10) стимулювання рівне затратам агента. Тому оптимальним реалізованим рішенням  $y^*$  є рішення, що максимізує в області компромісу різницю між доходом центру та затратами агента. Отже, оптимальне реалізоване рішення може бути отримано із рішення наступної оптимізаційної задачі [25]

$$y^* = \arg \max \{H(x) - c(x)\}. \quad (4.11)$$

Дана задача має назву «задача оптимального погодженого планування». В силу принципу компенсації затрат план являється погодженим, тому центру в силу (4.10) залишається знайти оптимальний погоджений план рішення.

Оптимальний план  $y^*$  доставляє максимум суми цільових функцій учасників організаційної системи і, відповідно, являється ефективним.

Квазікомпенсаторна система стимулювання не являється єдиною оптимальною системою стимулювання. В рамках гіпотези рішенням задачі являється будь-яка система стимулювання  $\sigma^*$ , що задовольняє умовам

$$\begin{aligned} \sigma(y^*) &= c(y^*) + U, \\ \forall y \neq y^* \quad \sigma(y) &\leq c(y). \end{aligned} \quad (4.12)$$

На рисунку 4.4 приведено ескізи трьох оптимальних систем стимулювання –  $\sigma_1^*$ ,  $\sigma_2^*$ ,  $\sigma_3^*$ .

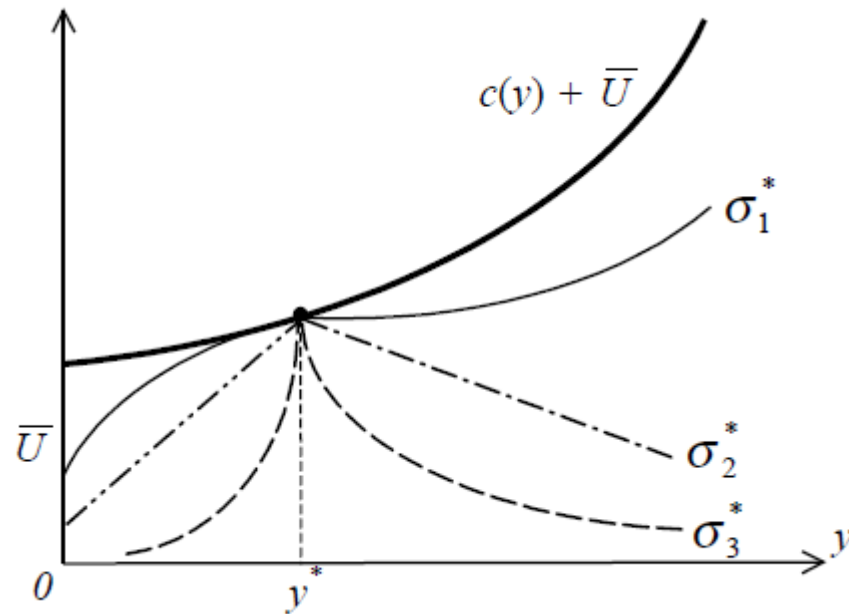


Рисунок 4.4 – Оптимальні системи стимулювання

В формальній моделі стратегії учасників обмежені відповідними допустимими множинами. Врахування обмежень індивідуальної раціональності агента (умовно можна вважати, що параметр резервного доходу  $U$  підприємства, що фігурує в умовах участі, відображає обмеження прибутку від впровадження засобів підвищення ефективності енерговикористання) і центра (умовно можна вважати, що невід'ємність цільової функції центра відображає обмеження фінансової ефективності діяльності центра – затрати на стимулювання агента не повинні перевищувати дохід від результатів впровадження засобів підвищення ефективності енерговикористання), а також умов погодження, приводить до того, що множина раціональних стратегій – область компромісу – виявляється достатньо вузькою.

Із проведеного аналізу слідує, що рішення задачі стимулювання може бути розділено на два етапи. На першому етапі вирішується задача погодження – визначається множина реалізованих при заданих обмеженнях дій. На другому етапі вирішується задача оптимального погодженого планування – відбувається пошук реалізованої дії, яка є найбільш доцільною з точки зору центра [25].

Подібна ідеологія розбиття рішення задачі управління ОС на етапи використовується і в теорії активних систем, і в теорії контрактів при рішенні широкого класу задач [26].

Вище описано підхід до рішення задачі стимулювання, що використовує аналіз властивостей множини реалізованих дій: визначається множина дій, що реалізуються деякою системою стимулювання, після чого центром визначається максимум цільової функції по заданій множині дій, а потім вже обирається система стимулювання.

Висновки до 4 розділу:

В даному розділі магістерської роботи було розглянуто систему стимулювання впровадження засобів підвищення ефективності енерговикористання на ТОВ «Вінниця-млин».

В першій частині розділу проаналізовано теоретичні засади стимулювання промислових підприємств до енергозбереження. Визначено комплекс енергоефективних заходів, на які буде зорієнтовано процес стимулювання. До них необхідно віднести економіко-енергетичне дослідження підприємства, визначення потенціалу енергозбереження, формування заходів з енергозбереження та їх техніко-економічне порівняння, реалізація економічно обґрунтованих груп напрямів підвищення енергоефективності та моніторинг стану підприємства після їх реалізації [22].

В другій частині розділу розглянуто квазікомпенсаторну систему стимулювання як оптимальну систему для застосування її при заохоченні підприємства ТОВ «Вінниця-млин» до впровадження засобів підвищення ефективності енерговикористання. Розроблено оптимальний план  $u^*$ , що доставляє максимум суми цільових функцій учасників організаційної системи і, відповідно, являється ефективним.

## 5 РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ПРОМИСЛОВОМУ ПІДПРИЄМСТВІ ПРИ ПРИЙНЯТТІ ІНОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ

### 5.1 Мета розрахунків та характеристика вихідних даних

Собівартість продукції – це основний якісний показник роботи підприємства. Це грошова форма витрат на підготовку її виробництва, виготовлення і збут. Відображаючи рівень витрат на виробництво, собівартість комплексно характеризує ступінь використання усіх ресурсів підприємства, а значить, і рівень техніки, технології та організації виробництва. Рівень собівартості відбиває досягнення та недоліки роботи як підприємства в цілому, так і кожного структурного підрозділу. Систематичне зниження собівартості продукції має важливе народногосподарське значення, бо дає змогу за стабільних ринкових цін збільшувати прибуток на кожную гривню витрат, підвищує конкурентоспроможність продукції [27].

Однією із важливих складових собівартості продукції є собівартість електроенергії. Собівартість електроенергії виражає всі витрати на її виробництво, передавання, а також реалізацію та є основним показником роботи електрогосподарства і підприємства в цілому. В зниженні собівартості продукції підприємства велику роль відіграє зниження собівартості електроенергії. Запровадження ефективних заходів зі зниження собівартості електроенергії потребує її аналізу і планування. У даній роботі і розглядається задача планування собівартості електроенергії промислового підприємства на стадії його проектування.

Собівартість електричної енергії на підприємстві складається із таких складових: кількість корисної споживаної підприємством електроенергії; річне споживання електроенергії з урахуванням втрат; плата енергосистемі за електроенергію; річні витрати на передавання і розподіл електроенергії; сумарні витрати підприємства. В роботі виконується розрахунок капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства, що включають вартість устаткування і будівельно-монтажних робіт, експлуатаційних витрат на її обслуговування і оплату за електроенергію [27].

Об'єкт роботи: промислове підприємство.

Предмет роботи: розрахунок собівартості електроенергії при прийнятті інноваційних рішень на промисловому підприємстві.

Завданнями роботи є:

- розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання;
- розрахунок потреби в робочій силі та витрат по заробітній платі;
- визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат;
- розрахунок річного споживання і втрат електроенергії;
- розрахунок оплати за електроенергію та її собівартості.
- прийняття інноваційних рішень та розрахунок їх ефективності.

Вихідна інформація для розрахунків наведена в табл. 5.1-3.

Таблиця 5.1 – Потужність цехів підприємства

Назва цеху	$P_n$ , кВт
Адмінкорпус	150
Склад	50
Бункера	50
Виробничий корпус	270
Майстерня	100
Склад	50
Вагова	50

Таблиця 5.2 – Характеристики трансформаторної підстанції

Підстанція	Тип трансформатора	Кількість трансформаторів	Факт. потужність підстанції, кВА
ТП 1	ТМ-630	2	684,16

Таблиця 5.3 – Відомості про кабельні лінії

Найменування ліній	Довжина лінії від ТП до ГПП, м	Марка кабелю	К-сть
ЦРП - ТП1	1500	АПвПу-10 3x50	2



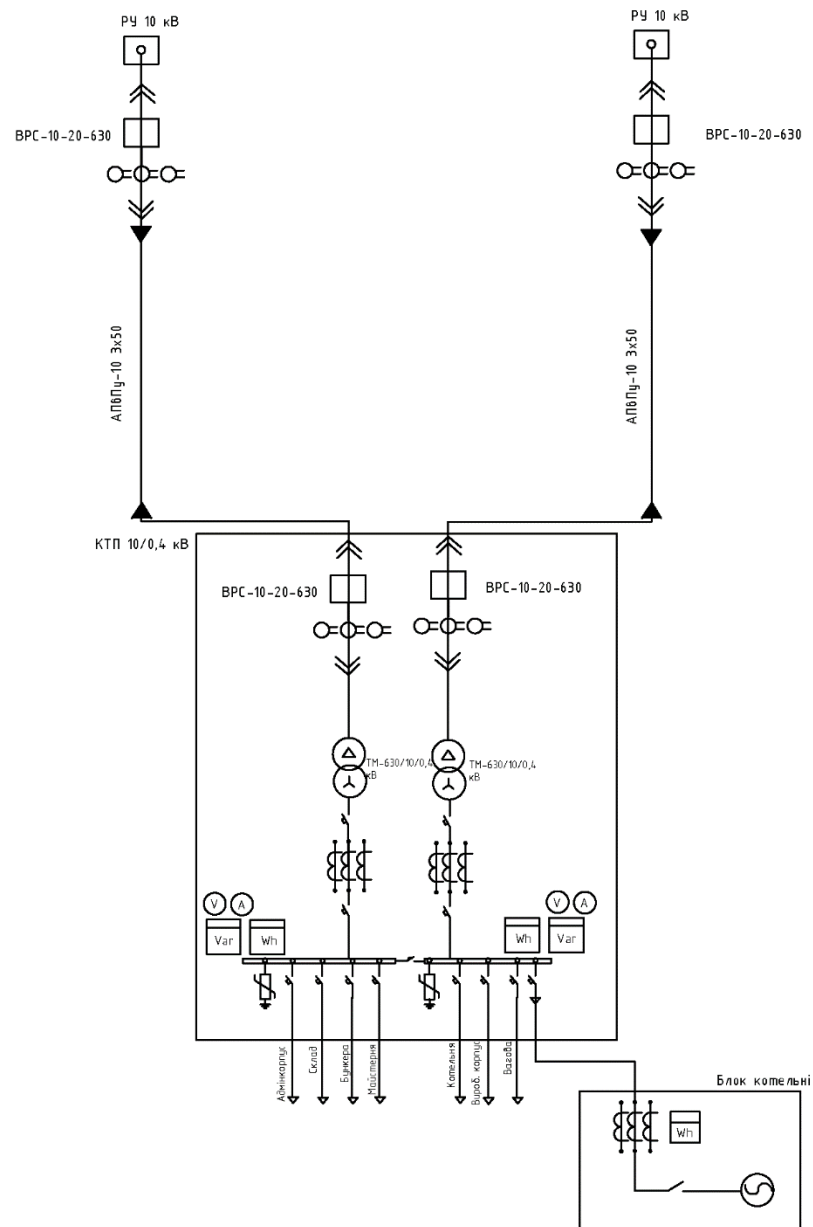


Рисунок 5.1 – Однолінійна схема електропостачання підприємства

Відповідно до схеми електричної мережі підприємства, показаної на рис. 5.1, та вихідних даних, приведених у табл. 5.1 – 5.3, необхідно виконати такі розрахунки:

- Розрахувати величину капітальних вкладень в трансформаторні підстанції, кабельні лінії та високовольтні вимикачі.
- Розрахувати оплату за спожиту електроенергію.
- Розрахувати величину складових експлуатаційних витрат:
  - витрат в мережах підприємства;
  - витрат на заробітну плату;
  - витрат на матеріали;

- амортизаційних витрат.
- Розрахувати собівартість електроенергії на підприємстві.

При проведенні розрахунків прийнято наступні умови:

- Оплату за спожиту електроенергію розраховують за одноставковим тарифом: 2,5 грн/кВт·год;

- Норма амортизації – 6%,
- Нарахування:
  - в пенсійний фонд – 32%,
  - у фонд зайнятості – 1,5%,
  - на соціальне страхування – 1,5%.

Вартість вимикача 10 кВ приймаємо рівною 50–70 тис. грн., а вимикача 110 кВ – 100–120 тис.грн.

## 5.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та їх прокладання, які наведені в табл. 2.4 і табл. 2.5 [28].

Капітальні вкладення для ліній електропередач:

$$K_{л} = (K_{пит} \cdot n + K_{прок}) \cdot L, \quad (5.1)$$

де  $K_{пит}$  - питома вартість на 1км лінії, тис. грн./км [1];

$K_{прок}$  - питома вартість прокладання, тис. грн./км;

$L$  - довжина лінії електропередачі, км.

$n$  – кількість кабелів в траншеї, шт.

Визначимо вартість прокладання кабельної лінії від ЦРП до ТП1:

$$K_{л1} = (42,64 \cdot 2 + 2,22) \cdot 1,5 = 131,25 \text{ (тис.грн.)}$$

Вартість прокладання кабельної лінії від ТП1 до РП1, РП2, РП3:

$$K_{л2} = (42 \cdot 1 + 2,22) \cdot 0,079 = 3,49 \text{ (тис.грн).}$$

$$K_{л3} = (42 \cdot 1 + 2,22) \cdot 0,137 = 6,058 \text{ (тис.грн).}$$

$$K_{л4} = (42 \cdot 1 + 2,22) \cdot 0,058 = 2,56 \text{ (тис.грн).}$$

Загальна вартість прокладання кабельних ліній:

$$K_{л} = 131,25 + 3,49 + 6,058 + 2,56 = 143,358 \text{ (тис.грн).}$$

Капітальні вкладення для електричних підстанцій будуть:

$$K_{пс} = \sum_{i=1}^l K_{псі} + K_{пост}, \quad (5.2)$$

де  $K_{псі}$  – вартість однієї трансформаторної підстанції, тис. грн. (табл. 2.7 і табл. 2.8 [28]);

$K_{пост}$  - постійні витрати, що практично не залежать від потужності підстанції і пов'язані з устроєм території, зі створенням майстерень, лабораторій і диспетчерських пунктів, з будівництвом житла тощо, тис. грн. Постійні витрати прийняти у розмірі 20 % від повної вартості всіх підстанцій.

З табл. 2.7–2.8 [28] визначаємо величину капіталовкладень для ТП–1:

$$K_{пс1} = 460 + 92 = 552 \text{ (тис.грн).}$$

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів. Відповідно до схеми, зображеної на рис.5.1, кількість вимикачів 10 кВ – 5 шт., а вимикачів 110 кВ – 2 шт. Відповідно до рекомендацій приймаємо вартість вимикача 10 кВ рівною 50–70 тис. грн., а вимикача 110 кВ – 100–120 тис.грн.

Сумарна вартість вимикачів:

$$K_{в} = 5 \cdot 60 + 2 \cdot 110 = 520 \text{ (тис. грн).}$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{\text{пс}} = 552 + 520 = 1072 \text{ (тис. грн.)}$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 143,358 + 1072 = 1215,358 \text{ (тис. грн.)}$$

### 5.3 Розрахунок поточних витрат

#### 5.3.1 Розрахунок потреби в робочій силі

Чисельність робітників, яка необхідна для технічного обслуговування і поточного ремонту всього енергоустаткування та мереж, визначається виходячи з трудомісткості виконуваних робіт. При цьому рекомендується скористатися нормативами системи планово-попереджувальних робіт промислових електричних мереж [29].

Трудомісткість технічного обслуговування не залежить від змінності роботи споживачів, тому планується в розмірі 10% від трудомісткості поточного ремонту всіх прокладених електромереж, а для мереж заземлення та заземлювальних пристроїв, поточний ремонт для яких не планується, у розмірі 3% від вказаної в таблиці трудомісткості капітального ремонту.

Планова трудомісткість, відповідно, визначається як, люд.-год./рік:

$$T = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot h, \quad (5.3)$$

де  $\Pi$  – кількість ремонтів даного виду за рік, на одиницю обладнання;

$t_{\text{норм}}$  – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год. (табл.2.12 [28]);

$h$  – кількість обладнання певного діапазону потужності, що належить до цього виду ремонтних робіт.

Для схеми, представленої на рис.5.1, трудомісткість ремонту вимикачів 110 кВ, люд.-год./рік:

$$T = 1 \cdot 20 \cdot 2 = 40.$$

Проводимо розрахунки трудомісткості ремонту іншого електрообладнання та заносимо їх результати до табл. 5.4.

Слід зазначити, що норми тривалості міжремонтних періодів і пов'язана з ними розрахункова кількість ремонтів за рік, розроблені для енергоустаткування, яке працює в двох змінах, тобто при  $K_{зм}=2$ . При іншій змінності вводиться поправочний коефіцієнт  $\beta_p$ , який знаходимо за табл. 2.15 [28].

Планова трудомісткість технічного обслуговування кожної групи енергетичного устаткування і мереж складає, люд.-год./рік:

$$T_{то} = 12 \cdot t_{пр} \cdot K_{ср} \cdot K_{зм} \cdot h, \quad (5.4)$$

де 12 – кількість місяців у році;

$t_{пр}$  – планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год. (табл. 2.13 [28]);

$K_{ср}$  – коефіцієнт складності ремонту, який показує частку трудомісткості поточного ремонту, необхідну для технічного обслуговування одиниці енергетичного обладнання і мереж на кожен місяць планованого року, 1/міс,  $K_{с.р} = 0,1$ .

$h$  – кількість обладнання в групі.

Для вимикачів 110 кВ, люд-год/рік:

$$T_{то} = 12 \cdot 20 \cdot 0,1 \cdot 2 \cdot 2 = 96.$$

Проводимо розрахунки трудомісткості технічного обслуговування іншого електрообладнання та заносимо їх результати до табл. 5.5.

Таблиця 5.4 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	К-ть	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на одиницю облад. рем/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудомісткість люд.год.	К-сть на одиницю облад. огл/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудомісткість люд.год.
Вимикач 10кВ	2	1	16	80	12	1	60
ТМ-630	2	0,33	100	66	12	20	480
Кабельна лінія 50 мм <sup>2</sup> , км	3	1	46	138	1	11,5	34,5
Кабельна лінія 35 мм <sup>2</sup> , км	0,274	1	30	8,22	1	11,5	3,151
Разом				292,22			577,65

Таблиця 5.5 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-ть	Технічне обслуговування				Загальна
		Змінність роботи	Коеф. складності	К-ть місяців	Загал. трудомісткість люд.год.	Трудомісткість обслуговування люд.год.
Вимикач 10кВ	2	2	0,1	12	192	252
ТМ-630	2	2	0,1	12	480	960
Кабельна лінія 35 мм <sup>2</sup> , км	0,274	2	0,1	12	19,72	22,87
Кабельна лінія 50 мм <sup>2</sup> , км	3	2	0,1	12	331,2	365,7
Разом					1022,92	1600,57

Якщо ремонтний персонал виконує лише поточні ремонти, то його чисельність

$$N_{\text{пр}} = \frac{T_{\text{пр}}}{\Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{в.н}}}, \quad (5.5)$$

експлуатаційні робітники, чол.:

$$N_{\text{обс}} = \frac{T_{\text{обс}}}{\Phi_{\text{обс}} \cdot K_{\text{в.н}}}, \quad (5.6)$$

де  $T_{\text{пр}}$  – річна планова трудомісткість поточного ремонту, люд·год;

$\Phi_{\text{д}}$  – дійсний (ефективний) фонд часу роботи одного робітника за рік; приймається рівним 1850-1900 год [28];

$K_{\text{вн}}$  – плановий коефіцієнт виконання норм для даної категорії робітників. При розрахунках приймаємо для ремонтного персоналу  $K_{\text{вн}} = 1,10$ , а для експлуатаційного -  $K_{\text{вн}} = 1,05$ ;

$T_{\text{обс}}$  – річна планова трудомісткість технічного обслуговування з урахуванням витрат праці на огляди, люд·год.

Знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$N_{\text{обс}} = \frac{3752,1}{1900 \cdot 1,05} = 1,88,$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$N_{\text{обс}} = \frac{1174,5}{1900 \cdot 1,1} = 0,56,$$

Приймаємо  $N_{\text{тр}} = 2$  чол.,  $N_{\text{обс}} = 2$  чол.

### 5.3.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

Для розрахунку оплати праці експлуатаційних робітників рекомендується використовувати погодинно-преміальну систему, а для ремонтного персоналу – відрядно-преміальну [29]. Преміювання експлуатаційних робітників здійснюється за безаварійну і надійну роботу енергообладнання та мереж, економію енергоресурсів,

компенсацію реактивної потужності. Ремонтний персонал преміюється за високоякісне і своєчасне виконання ремонтних робіт.

Величина премії (відповідно до категорій енергоперсоналу) може бути прийнята в розмірі 20 і 25%.

Фонд прямої заробітної плати:

а) для робітників, зайнятих на роботах по експлуатації й обслуговуванню енергообладнання і мереж, розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_e = N_{\text{обс}} \cdot \beta_n \cdot t_{\text{ге}} \cdot \Phi_d. \quad (5.7)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{\text{ге}} = ((K3 + K4) / 2) \cdot C_1, \quad (5.8)$$

де  $K3, K4$  – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, (табл. 1.1) [28];

$C_1$  – годинна тарифна ставка, що відповідає I розряду, визначається за формулою:

$$C_1 = \frac{Z_{\text{min}} \cdot K_{\text{в.н}}}{\Phi_H}, \quad (5.9)$$

де  $Z_{\text{min}}$  – мінімальний розмір заробітної плати;

$k_{r,i}$  – тарифний коефіцієнт робітника  $i$ -го розряду;

$\Phi_H$  – номінальний місячний фонд робочого часу ( $\Phi_H = 22 \cdot 8 = 176$  год).

$$C_1 = 3500 \cdot 1 / 176 = 19,88 \text{ (грн./год)}.$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{\text{ге}} = ((1,18 + 1,27) / 2) \cdot 19,88 = 24,353 \text{ (грн./год)};$$



Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 2 \cdot 0,9 \cdot 24,353 \cdot 1900 = 83287,26 \text{ (грн./рік);}$$

б) для робітників, які виконують поточний ремонт енергоустаткування, фонд прямої заробітної плати розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_p = T_{\text{пр}} \cdot t_{\text{гр}}, \quad (5.10)$$

$$T_{\text{гр}} = ((K4 + K5) / 2) \cdot C_1, \quad (5.11)$$

де K4, K5 – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, (табл. 1.1) [28].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{\text{гр}} = ((1,27 + 1,36) / 2) \cdot 19,88 = 26,14 \text{ (грн./год);}$$

$$\Phi_p = 578,22 \cdot 26,14 = 15114,67 \text{ (грн./рік).}$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

$$\Phi_o = \Phi(1 + 0,05 + 0,01 + \alpha), \quad (5.12)$$

де  $\Phi$  – тарифний фонд  $\Phi_e$  експлуатаційних робітників або фонд прямої заробітної плати  $\Phi_p$  ремонтного персоналу, грн./рік;

0,01 – частка доплат за роботу у святкові дні;

0,05 – частка доплат за роботу в нічний час;

$\alpha$  – частка преміальних доплат для відповідної категорії робітників.

Величина основної заробітної плати для експлуатаційних робітників:

$$\Phi_{oe} = 83287,26 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,2) = 104941,94 \text{ (грн./рік),}$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 15114,67 \cdot (1+0,05+0,01+0,25) = 19044,48 \text{ (грн./рік)}.$$

Величина додаткової заробітної плати визначається в розмірі 15% від фонду основної заробітної плати. Тому сумарна величина фонду з врахуванням додаткової заробітної плати складе, грн./рік:

$$\Phi_{од} = \Phi_o \cdot 1,15; \quad (5.13)$$

$$\Phi_{оед} = 104941,94 \cdot 1,15 = 120683,23 \text{ (грн./рік)};$$

$$\Phi_{орд} = 19044,48 \cdot 1,15 = 21901,15 \text{ (грн./рік)}.$$

З метою утворення фонду соціального страхування здійснюються нарахування на заробітну плату. З цього фонду кошти витрачаються на виплату по тимчасовій втраті працездатності, оплату відпусток по вагітності, санаторно-курортні лікування й організацію відпочинку працівників, оздоровчі заходи для дітей працівників та інше.

Крім того, на заробітну плату здійснюються нарахування в пенсійний фонд та фонд зайнятості. Отже, витрати по заробітній платі ( $C_{зп}$ ) розраховуються так, грн./рік:

$$C_{зп} = \Phi_H \cdot \left(1 + \frac{\beta_{п} + \beta_{з} + \beta_{с}}{100}\right), \quad (5.14)$$

де  $\beta_{п}$  – нарахування в пенсійний фонд,  $\beta_{п} = 32\%$  ;

$\beta_{з}$  – нарахування у фонд зайнятості,  $\beta_{з} = 1,5\%$  ;

$\beta_{с}$  – нарахування на соціальне страхування,  $\beta_{с} = 1,5\%$  .

Відповідно розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{зп} = 120683,23 \cdot \left(1 + \frac{32+1,5+1,5}{100}\right) = 162922,37 \text{ (грн./рік)};$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{зпр} = 21901,15 \cdot \left(1 + \frac{32+1,5+1,5}{100}\right) = 29566,56 \text{ (грн/рік)}.$$

Таблиця 5.6 – Розрахунок витрат по заробітній платі

Показник		Заробітна плата
$\Phi_e$	Заробітна плата експлуатаційного персоналу	83287,26 грн.
$\Phi_p$	Заробітна плата ремонтного персоналу	15114,67 грн.
$\Phi_{oe}$	Величина основної ЗП експлуатаційного персоналу	104941,94 грн.
$\Phi_{op}$	Величина основної ЗП ремонтного персоналу	19044,48 грн.
$\Phi_{oed}$	Основний фонд ЗП експлуатаційного персоналу	120683,23 грн.
$\Phi_{ord}$	Основний фонд ЗП ремонтного персоналу	21901,15 грн.
$C_{зпе}$	Витрати по ЗП експлуатаційного персоналу	162922,37 грн.
$C_{зпр}$	Витрати по ЗП ремонтного персоналу	29566,56 грн.

### 5.3.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Розрахунок необхідної на рік кількості основних матеріалів для усіх видів ремонтів і технічного енергетичного обслуговування устаткування та мереж розробляється на основі трудомісткості і існуючих норм витрат матеріалів (табл. 2.19) [28]. Якщо на окремі види матеріалів норми відсутні, підприємство розробляє їх самостійно і затверджує.

Розрахунок трудомісткості спрощується при виконанні його в табличній формі. Оскільки вартість конкретного виду матеріалу можна визначити як добуток норми його витрат на ціну, то доцільно по кожному виду устаткування і мереж визначити підсумкову вартість усіх матеріалів, а потім її помножити на трудомісткість поточного ремонту чи технологічного обслуговування.

Необхідні дані для розрахунку беремо з табл. 2.19 та 2.20 [28], результати розрахунків заносимо до таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

Матеріал	Ціна матеріалу, грн.	Норми витрат матер. на 100 люд.-год. трудомісткості ремонту і тех. обслуговування		Вартість матеріалу, грн.	
		630	1000	630	1000
Силові трансформатори		630	1000	630	1000
Сталь сортова, кг	13,38	6	6	80,3	80,3
Провід установлюваний, м	5,55	0,5	0,5	2,7	2,7
Мідь-алюміній (гола), кг	124,6	62	62	7726,4	7726,4
Картон електроізоляційний, кг	60,08	1,4	1,4	84,1	84,1
Лакотканина (ширина 700мм), м	166,6	0,2	0,2	33,3	33,3
Кабельний папір, кг	49,1	0,6	0,6	29,4	29,4
Стрічка кіперна, кг	600,8	40	40	24034,2	24034,2
Стрічка тафтяна, кг	446,3	18	18	8034,8	8034,8
Стрічка азбестова, м	13,1	0,05	0,05	0,6	0,6
Лаки ізоляційні, кг	71,8	1,5	1,5	107,8	107,8
Емалі ґрунтові, кг	78,8	2,5	2,5	197,1	197,1
Масло трансформаторне, кг	24,3	0,58	0,58	14,1	14,1
Бензин, кг	12,3	0,7	0,7	8,6	8,6
Розчиники кг	34,8	0,8	0,8	27,8	27,8
Маслостійка гума, кг	89,3	0,4	0,4	35,7	35,7
Гума профільна, кг	89,3	0,13	0,13	11,6	11,6
Припій олов'яно-свинцевий, кг	850,6	0,02	0,02	17,01	17,01
Припій мідно-фосфорний, кг	158,1	0,03	0,03	4,7	4,7
Електроди, кг	29,3	0,15	0,15	4,4	4,4
Засоби кріплення, кг	37,4	2	2	74,8	74,8
Дріт кручений,	4,8	0,3	0,3	1,4	1,4
Матеріали обтиску, кг	48,7	0,4	0,4	19,4	19,4
Разом:				40551,07	40551,07
Кабельні лінії					
Сталь сортова, кг	13,3	2		26,7	
Електроди, кг	29,3	0,1		2,9	
Разом:				29,7	

Вартість матеріалу на технічну операцію:

$$C_1 = 0,01 \cdot \left( \sum_{i=1}^n C_{0i} \cdot T_i + L \cdot C_{\text{лю}} \right), \quad (5.15)$$

де  $C_{0i}$  – питома вартість витратних матеріалів на обслуговування  $i$ -го виду трансформаторів,

$T_i$  – трудомісткість обслуговування  $i$ -го виду трансформаторів,

$L$  – сумарна довжина кабелів,

$C_{\text{лю}}$  – питома вартість матеріалів на обслуговування кабелів.

Отже, вартість матеріалів, потрібних на ремонт:

$$C_{\text{мпр}} = 0,01 \cdot (66 \cdot 40551,08 + 3,274 \cdot 29,7) = 26764,68 \text{ (грн/рік);}$$

і вартість матеріалів, потрібних на технічне обслуговування:

$$C_{\text{мпю}} = 0,01 \cdot (960 \cdot 40551,08 + 3,274 \cdot 29,7) = 389291,34 \text{ (грн/рік).}$$

Таблиця 5.8 – Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Назва об'єкта	Вартість витрат матеріалів на 100 норм.год	Ремонт		Обслуговування	
		Загальна трудомісткість ремонтів	Вартість витрат матеріалів грн.	Загальна трудомісткість обслуговування	Вартість витрат матеріалів грн.
ТМ-630	40551	66	26763,66	480	389290,36
Кабелі	29,7	138	0,972	331,2	0,972
Всього витрат на матеріали			26764,68		389291,34

Отже, можна розрахувати витрати на обслуговування електроустановок і мереж,  
тис. грн/рік:

$$C_{\text{обс}} = C_{\text{зпе}} + C_{\text{мго}}, \quad (5.16)$$

$$C_{\text{обс}} = 162922,37 + 389291,34 = 552213,71 \text{ (грн/рік);}$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{зпр}} + C_{\text{мпр}}, \quad (5.17)$$

$$C_{\text{пр}} = 29566,56 + 26764,68 = 56331,24 \text{ (грн/рік).}$$

#### 5.3.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

$$C_a = a \cdot K, \quad (5.18)$$

де  $a$  – норма амортизації, %

$K$  – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 1215358 = 72921,48 \text{ (грн/рік).}$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат виділяються інші витрати. Вони включають витрати на допоміжні матеріали, послуги виробничим підрозділам підприємства, частину загальнозаводських витрат. Їх можна приймати в розмірі 20 - 30% від суми витрат на обслуговування, поточний ремонт і амортизацію, тис. грн/рік:

$$C_{\text{іп}} = \beta_{\text{іп}}(C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a); \quad (5.19)$$

де  $\beta_{\text{іп}}$  – коефіцієнт відрахувань на інші витрати.

$$C_{\text{іп}} = 0,25 \cdot (552213,71 + 56331,24 + 72921,48) = 170366,6 \text{ (грн/рік).}$$

Після визначення всіх елементів витрат підприємства, необхідних для передавання і розподілення електроенергії, зведемо їх в таблицю 5.9.

Таблиця 5.9 – Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн.	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації обладнання	552213,71	64,82
Витрати на поточний ремонт	56331,21	6,61
Витрати на амортизацію	72921,48	8,56
Інші витрати	170366,6	20
Разом	851833,03	100

#### 5.4 Розрахунок собівартості електроенергії

5.4.1 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію

Розрахунок обсягу споживання визначається, виходячи з розрахункової потужності, яка визначається як добуток установленої (номінальної) потужності усіх електроприймачів, коефіцієнта попиту і кількості годин використання максимуму навантаження, тис. кВт·год./рік [29]:

$$E_{ai} = P_p \cdot T_{mi}, = K_{п} \cdot P_{ном} \cdot T_{mi}, \quad (5.20)$$

де  $P_p$  – розрахункова потужність і-го цеху, кВт;

$T_{mi}$  – річна тривалість використання максимуму активного навантаження і-ого цеху, год.;

$K_{п}$  – коефіцієнт попиту.

Річна кількість годин використання максимуму активної потужності по галузях промисловості при різній кількості робочих змін приводяться в галузевих інструкціях і довідкових матеріалах. Величина  $T_m$  у середньому за рік складає: для освітлювальних навантажень – 1500 – 2000 год.; для однозмінних підприємств – 2000 – 3000 год.; для двозмінних – 3000 – 4500 год і тризмінних 4500 – 8000 год.

Для прикладу визначимо річні витрати активної електроенергії для першого цеху:

$$E_{a1} = 64,05 \cdot 3000 = 192150 \text{ (кВт}\cdot\text{год/рік)}.$$

Аналогічно визначаємо річні витрати активної електроенергії для інших цехів. Результати розрахунків заносимо в таблицю 5.10.

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Таблиця 5.10 – Річні витрати активної електроенергії по цехах

Назва цеху	К-сть змін	$S_p$ , кВА	$T_m$ , год.	$\cos \varphi$	$P_p$ , кВт	$E_a$ , кВт·год./рік
Адмінкорпус	1	82,26	3000	0,77	64,05	192150
Склад	1	41,69	3000	0,77	33,97	101910
Бункера	1	30,59	3000	0,77	23,7	71100
Виробничий корпус	2	361,18	4500	0,65	237,38	1068210
Майстерня	2	96,41	4500	0,62	60,62	272790
Котельня	2	35,94	4500	0,8	28,67	129015
Вагова	2	39,49	4500	0,8	31,95	143775
Разом					480,34	1978950

Для визначення повної потреби підприємства в електроенергії необхідно до отриманого результату додати втрати електроенергії в лініях і трансформаторах.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot n \cdot I_m^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (5.21)$$

де  $I_m$  – максимальний струм у лінії, А;

$\tau$  – час максимальних втрат, год./рік.

$R$  – активний опір проводу або кабелю однієї фази, Ом;

$n$  – кількість кабелів в лінії.

$$R = r_0 \cdot L, \quad (5.22)$$



де  $r_0$  – питомий опір однієї фази кабелю, Ом/км (табл. 2.25 [28]),

Величина  $\tau$  визначається за часом використання максимального навантаження  $T_M$ :

$$\tau_M = \left(0,124 + \frac{T_M^2}{10000}\right) \cdot 8760, \quad (5.23)$$

$$\tau_M = \left(0,124 + \frac{4500^2}{10000}\right) \cdot 8760 = 2886,2 \text{ (год).}$$

Для лінії ЦРП –ТП1:

Активний опір однієї фази кабелю від ЦРП до ТП1.:

$$R = 0,46 \cdot 1,5 = 0,69 \text{ (Ом).}$$

Відповідно втрати електроенергії в лінії ЦРП-ТП1:

$$\Delta E_{л} = 3 \cdot 2 \cdot 40^2 \cdot 0,69 \cdot 2886,2 \cdot 10^{-3} = 19118,18 \text{ (кВт·год/рік).}$$

Аналогічно виконуємо розрахунок втрат електроенергії в інших лініях і результати заносимо до табл. 5.11.

Таблиця 5.11 – Втрати електроенергії в лініях

Лінія	Марка кабелю	К-сть ліній	Довжина, км	$I_M$ , А	R, Ом	$\tau$ , год./рік	R <sub>пит</sub> , Ом/км	$\Delta E_{л}$ , кВт·год.
ГПП - ТП1	АПвПу 3x50	2	1,5	40	0,69	2886,2	0,405	19118,18
ТП1-РП1	АВВГ 4x35	1	0,079	40,27	0,0685	2886,2	0,868	961,83
ТП1-РП2	АВВГ 4x35	1	0,137	40,1	0,118	2886,2	0,868	1642,92
ТП1-РП3	АВВГ 4x35	1	0,058	70,4	0,05	2886,2	0,868	2145,67
Разом								23868,6

Втрати електроенергії в трансформаторах визначають за формулою, тис. кВт·год./рік:

$$\Delta E_T = n \cdot \Delta P_{xx} \cdot T_p + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{кз} \cdot \left( \frac{S_\phi}{S_H} \right)^2 \cdot \tau, \quad (5.24)$$

де  $n$  - кількість трансформаторів;

$\Delta P_{кз}$  і  $\Delta P_{xx}$  – величини номінальних втрат у трансформаторах, відповідно, при короткому замиканні і холостому ході, кВт;

$T_p$  - час роботи трансформаторів, год./рік (приймається рівним 8760 год./рік);

$S_\phi$  - фактична потужність, яка передається через трансформатори, кВА;

$S_H$  - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Відповідно втрати енергії в трансформаторах КТП-1:

$$\Delta E_T = 2 \cdot 1,3 \cdot 8760 + (1/2) \cdot 7,6 \cdot \left( \frac{684,16}{630} \right)^2 \cdot 2886,2 = 35710,3 \text{ (Вт}\cdot\text{год./рік)}.$$

Для інших КТП проводимо аналогічні розрахунки і їх результати зводимо у табл.

5.9.

Таблиця 5.12 – Втрати енергії в трансформаторах

№	Тип т-ра	К-сть	$\Delta P_x$ , кВт	$\Delta P_k$ , кВт	$S_p$ , кВА	$S_H$ , кВА	$\Delta E_T$ , кВт·год./рік
КТП-1	ТМ-630	2	1,3	7,6	684,16	630	35710,3
Разом							35710,3

Загальна потреба підприємства в електроенергії, кВт·год./рік:

$$E = E_a + \Delta E_{л} + \Delta E_T, \quad (5.25)$$

$$E = 1978650 + 23868,8 + 35710,3 = 2038228,9 \text{ (кВт год/рік)}.$$

Оплата за електроенергію при одноставковому тарифі визначається як:

$$П_1 = v \cdot E / 100, \quad (5.26)$$

де  $v$  – ставка тарифу за 1 кВт·год споживаної активної електроенергії, грн.;

$E$  – кількість енергії, що споживається, врахована по лічильнику.

$$\Pi_1 = 2,5 \cdot 2038228,9 = 5095572,27 \text{ (тис.грн).}$$

#### 5.4.2 Розрахунок собівартості електроенергії

Собівартість корисної, споживаної підприємством кіловат-години електроенергії, коп./кВт·г [29]:

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a}, \quad (5.27)$$

де  $C_{\text{сум}}$  – величина сумарних витрат підприємства на електроенергію, тис.грн/рік;

$E_a$  – річна кількість корисно споживаної підприємством електроенергії, тобто без врахування втрат у лініях і трансформаторах, кВт·год./рік.

Промислові підприємства, що споживають електроенергію від зовнішнього джерела, з одного боку, оплачують кількість отриманої енергії за тарифом, а з іншого – несуть додаткові витрати при передаванні та розподілі електроенергії від мереж енергосистеми до цехових споживачів. Отже, загальні (сумарні) витрати підприємства на електроенергію за рік будуть складати, тис. грн./рік:

$$C_{\text{сум}} = \Pi + C_{\text{п}}, \quad (5.28)$$

де  $\Pi$  – оплата за спожиту електроенергію;

$C_{\text{п}}$  – річні витрати підприємства при передаванні електроенергії.

Річні витрати промислового підприємства, зв'язані з передаванням і розподілом електричної енергії, включають такі складові, тис.грн/рік:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a + C_{\text{ір}}, \quad (5.29)$$

де  $C_{\text{обс}}$  – витрати підприємства на матеріали та зарплату персоналу при обслуговуванні електромереж і устаткування, грн/рік.;

$C_{\text{пр}}$  – річні витрати на поточний ремонт устаткування і мереж, грн/рік;

$C_a$  – амортизаційні відрахування при експлуатації електроустановок підприємства, грн/рік;

$$C_{\text{п}} = 851833,03 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, сумарні витрати визначаються так:

$$C_{\text{сум}} = 5095572,27 + 851833,03 = 5947405,3 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, собівартість електроенергії

$$S = \frac{5947405,3 \cdot 100}{1978650} = 300,57 \text{ (коп/кВт год)},$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в таблицю 5.13.

Таблиця 5.13 –Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	$E_a$	1978650	кВт·год.
Річне споживання електроенергії із втратами	$E$	2038228,9	кВт·год.
Плата за електроенергію	$\Pi_1$	5095572,27	грн.
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	$C_{\text{п}}$	851833,03	грн.
Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{сум}}$	5947405,3	грн.
Собівартість електроенергії	$S$	300,57	коп/кВт·год.

5.5 Розрахунок показників ефективності інвестицій в проект перетворення котельні ТОВ «Вінниця-млин» в міні-ТЕЦ шляхом встановлення парової турбіни

### 5.5.1 Встановлення парової турбіни

Економія електроенергії в опалювальний період, кВтгод/рік

$$EE_{річ} = 350 \cdot \tau_{оп} \quad (5.30)$$

$$EE_{річ} = 350 \cdot 4080 = 1428000.$$

Економія коштів за електроенергію, млн. грн

$$E_{\phi} = EE_{річн} \cdot C_{еє} \cdot 10^{-6}, \quad (5.31)$$

де  $C_{еє} = 2,8$  – середнє значення тарифу на електричну енергію, рік/кВтгод

$$E_{\phi} = 1428000 \cdot 2,8 \cdot 10^{-6} = 4.$$

тобто прибуток в опалювальний період складає 4 млн.грн.

Економія електроенергії в неопалювальний період, кВтгод/рік

$$EE_{річ} = 350 \cdot \tau_{неоп} \quad (5.32)$$

$$EE_{річ} = 350 \cdot 2420 = 847000.$$

Економія коштів за електроенергію в неопалювальний період, млн. грн

$$E_{\phi} = 847000 \cdot 2,8 \cdot 10^{-6} = 2,37.$$

тобто прибуток в неопалювальний період складає 2,37 млн.грн.

Витрати на турбіну та турбогенератор (турбоагрегат).

Капіталовкладення на парову турбіну та турбогенератор, грн

$$K_T = 9800000.$$

Капітальні витрати на транспортування турбіни, грн

$$K_T^{Tp} = K_{Tp} \cdot K_T, \quad (5.33)$$

де  $K_{Tp}$  - коефіцієнт, що враховує витрати на транспортування,

$$K_T^{Tp} = 0,12 \cdot 9800000 = 1176000.$$

Капітальні витрати на монтаж, грн

$$K_T^M = K_M \cdot K_T, \quad (5.34)$$

$$K_T^M = 0,1 \cdot 9800000 = 980000.$$

Загальні капіталовкладення, грн

$$K_T^{3ar} = K_T \cdot K_T^{Tp} \cdot K_T^M, \quad (5.35)$$

$$K_T^{3ar} = 9800000 + 1176000 + 980000 = 11956000.$$

Загальні капіталовкладення на встановлення турбіни, грн

$$K_T^{3ar1} = K_T^{3ar} + K_T^{Доп}, \quad (5.36)$$

$K_T^{Доп} = 50000$  - капіталовкладення на допоміжне устаткування, грн

$$K_T^{3ar1} = 11956000 + 50000 = 12006000.$$

Норма амортизаційних відрахувань для третьої групи основних фондів складає

$$K_{CA} = 0,15.$$

Тоді річна сума амортизаційних відрахувань, грн

$$S_A = K_{CA} \cdot K_T^{3ar1}, \quad (5.37)$$

$$S_A = 0,15 \cdot 12006000 = 1800900.$$

Річні витрати коштів на поточний ремонт устаткування, грн

$$S_{пр} = 0,2 \cdot S_A, \quad (5.38)$$

$$S_{пр} = 0,2 \cdot 1800900 = 360180.$$

Інші витрати, грн

$$S_{інш} = 0,4 \cdot (S_A + S_{пр}), \quad (5.39)$$

$$S_{інш} = 0,4 \cdot (1800900 + 360180) = 864432.$$

Сумарні капіталовкладення в турбіну з урахуванням амортизаційних відрахувань, коштів на поточний ремонт та інших витрат, грн

$$K_{Сум} = K_T^{3ar} + S_A + S_{пр} + S_{інш}; \quad (5.40)$$

$$K_{Сум} = 12006000 + 1800900 + 360180 + 864432 = 15031512.$$

### 5.5.2 Встановлення фреонової турбіни

Капіталовкладення в фреонову турбіну, грн

$$K_T = 11200000.$$

Капітальні витрати на транспортування турбіни, грн

$$K_T^{Tp} = K_{Tp} \cdot K_T, \quad (5.41)$$

де  $K_{Tp}$  - коефіцієнт, що враховує витрати на транспортування.

$$K_T^{Tp} = 0,12 \cdot 11200000 = 1344000.$$

Капітальні витрати на монтаж, грн

$$K_T^M = K_M \cdot K_T; \quad (5.42)$$

$$K_T^M = 0,1 \cdot 11200000 = 1120000.$$

Загальні капіталовкладення, грн

$$K_T^{3ar} = K_T \cdot K_T^{Tp} \cdot K_T^M \quad (5.43)$$

$$K_T^{3ar} = 11200000 + 1344000 + 1120000 = 13664000.$$

Загальні капіталовкладення на встановлення турбіни, грн

$$K_T^{3ar1} = K_T^{3ar} + K_T^{Доп}, \quad (5.44)$$

$K_T^{Доп} = 50000$  - капіталовкладення на допоміжне устаткування, грн

$$K_T^{3ar1} = 13664000 + 50000 = 13714000.$$

Норма амортизаційних відрахувань для третьої групи основних фондів складає

$$K_{CA} = 0,15.$$



Тоді річна сума амортизаційних відрахувань, грн

$$S_A = K_{CA} \cdot K_T^{3ar1}, \quad (5.45)$$

$$S_A = 0,15 \cdot 13714000 = 2057100.$$

Річні витрати коштів на поточний ремонт устаткування, грн

$$S_{пр} = 0,2 \cdot S_A, \quad (5.46)$$

$$S_{пр} = 0,2 \cdot 2057100 = 411420.$$

Інші витрати, грн

$$S_{інш} = 0,4 \cdot (S_A + S_{пр}), \quad (5.47)$$

$$S_{інш} = 0,4 \cdot (2057100 + 411420) = 987408.$$

Сумарні капіталовкладення в турбіну з урахуванням амортизаційних відрахувань, коштів на поточний ремонт та інших витрат, грн

$$K_{Сум} = K_T^{3ar} + S_A + S_{пр} + S_{інш}, \quad (5.48)$$

$$K_{Сум} = 13714000 + 2057100 + 441420 + 987408 = 17299928.$$

Термін окупності капіталовкладень, років

$$T_{ок} = \frac{K_{Сум}}{E_{\phi}}, \quad (5.49)$$

$$T_{ок} = \frac{17299928}{2090000} = 8,27.$$

З огляду на отримані результати можемо зробити висновки про доцільність встановлення парової турбіни.

### 5.5.3 Техніко-економічні показники встановлення парової турбіни в котельні підприємства

Проектна економія електроспоживання на об'єкті  $\Delta E = 2275000$  кВт год по ціні  $C_E = 2,8$  грн/кВт·год а потрібні капіталовкладення складають  $15,03 \cdot 10^6$  грн. Визначимо ефективність інвестицій в проект [30].

Таблиця 5.14 - Початкові дані

Показники	Позначення	Значення показника
1. Капіталовкладення	К	$15,03 \cdot 10^6$
2. Річна норма амортизації основних засобів, %	$H_A$	12,5
3. Норма відрахувань на тепло обслуговування і ремонт	$H_P$	7,0
4. Ставка податку на прибуток, %	$C_{НП}$	30,0
5. Ставка податку на майно, %	$C_{НИ}$	2,0
6. Норма дисконту, %	Е	10,0

Ліквідаційна вартість об'єкта та податок на майно незначні і в розрахунках не використовуються.

Потенціал енергозбереження, приріст прибутку та дохід від інвестицій (в розрахунку на рік).

Вартість зекономленої енергії

$$\Delta E = C_E \Delta E = 2,8 \cdot 2,275 = 6,37 \text{ млн грн.}$$

Амортизація основних засобів

$$A = 0,01 H_A K = 0,01 \cdot 12,5 \cdot 15,03 \cdot 10^6 = 1,87 \text{ млн грн.}$$

Витрати на техобслуговування та ремонт

$$P = 0,01 N_p K = 0,01 \cdot 7,0 \cdot 15,03 \cdot 10^6 = 1,05 \text{ млн грн.}$$

Економія поточних витрат (приріст прибутку):

$$\Delta C = \Delta E - (A + P) = 6,37 \cdot 10^6 - (1,87 \cdot 10^6 + 1,05 \cdot 10^6) = 3,45 \text{ млн грн.}$$

Приріст чистого прибутку підприємства

$$\text{ЧП} = \Delta C (1 - 0,01 C_{\text{НП}}) = 3,45 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0,01 \cdot 30) = 2,415 \cdot 10^6 \text{ млн грн.}$$

Річний дохід інвестиційного проекту

$$D_t = \text{ЧП} + A = 2415000 + 1870000 = 4,285 \text{ млн грн.}$$

### 5.5.2 Аналіз ефективності капіталовкладень в проект

Критерії ефективності інвестицій визначаємо за спрощеною методикою, оскільки за умовами прикладу річний дохід постійний ( $D_t = D = \text{const}$ ).

Розрахунковий період приймаємо рівним нормативному терміну служби енергозберігаючого обладнання [30]

$$\dot{O} = \frac{100}{\dot{I}_A} = \frac{100}{12,5} = 8 \text{ років.}$$

Знаходимо значення дисконтуючого множника з Додатку за відомими значеннями  $E$  та  $T$

$$\alpha_{(8;0,1)} = 5,3349 \text{ років.}$$

Чистий дисконтований дохід проекту

$$\text{ЧДД} = D_t \cdot a_{8,10} - K = 4,285 \cdot 5,3349 - 15,03 = 7,83 \text{ млн грн.}$$

Індекс прибутковості проекту

$$\text{ІД} = \text{ЧДД} / K + 1 = 7,83 / 15,03 + 1 = 1,52.$$

Розрахунок внутрішньої норми доходу здійснюємо в два етапи.

На першому етапі знаходимо граничне (мінімальне) значення дисконтуючого множника, за якого проект не збитковий

$$a_{T(\text{ПР})} = K / D = 15,03 / 4,285 = 3,5 \text{ року}$$

При  $T=8$  років і  $a_{T(\text{ПР})} = 3,5$  року шукане значення ставки знаходиться в інтервалі  $0,45 \div 0,5\%$ .

Розрахунок терміну окупності.

Статичний термін окупності визначаємо за формулою

$$T_{o \text{ ст}} = K / D = 15,03 / 4,285 = 3,5 \text{ року.}$$

При  $a_{T(\text{ПР})} = 3,5$  року і нормі дисконту  $E=0,1$  шукане значення динамічного терміну окупності  $T_o$  потрапляє в інтервал 3-4 роки і складає приблизно 3,9 років.

Граничні капіталовкладення в проект

$$K_{\text{гр}} = K + \text{ЧДД} = 15,03 + 7,83 = 22,86 \text{ млн грн.}$$

Всі розраховані критерії ефективності задовольняють умови доцільності інвестиційного проекту [30]: ЧДД=7,83 млн грн більше 0; ІД=1,52 більше 1; ВНД=47% (0,47) більше 10% (0.1),  $T_o = 3,9$  років менше 8 років.

Отже, проект доцільний та може бути рекомендований до впровадження.

Висновки до розділу:

В даному розділі магістерської роботи було здійснено розрахунок собівартості електроенергії на промисловому підприємстві ТОВ «Вінниця-млин». Проаналізовано вихідні дані та розраховано розмір капіталовкладень в систему електропостачання. Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства для даного варіанту склала 1215,358 тис. грн.

Проведено розрахунок поточних витрат підприємства, визначено необхідну кількість робочого персоналу, витрати по заробітній платі, вартість витратних матеріалів та величину амортизаційних відрахувань. Для розрахунку оплати праці експлуатаційних робітників прийнято погодинно-преміальну систему, а для ремонтного персоналу – відрядно-преміальну. Витрати по заробітній платі експлуатаційного персоналу склали 162922,37 грн. Витрати по заробітній платі ремонтного персоналу – 29566,56 грн.

На основі отриманих даних проведено розрахунок річного споживання і втрат електроенергії, а також визначено плату за електроенергію. Величина собівартості електроенергії склала 300,57 коп./кВт·год. Тобто, кожна витрачена кВт·год коштує підприємству 300,57 коп.

Також в даному розділі проведено техніко-економічний розрахунок проекту встановлення парової турбіни в котельню підприємства. Всі розраховані критерії ефективності задовольняють умови доцільності інвестиційного проекту: ЧДД=7,83 млн грн більше 0; ІД=1,52 більше 1; ВНД =47% (0,47) більше 10% (0.1),  $T_o = 3,5$  року менше 8 років. Отже, проект доцільний та може бути рекомендований до впровадження.

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У даному розділі розглянуті питання охорони праці оперативного персоналу по обслуговуванню електрообладнання на ТОВ «Вінниця-млин».

Обслуговування електроустановок здійснюється адміністративно-технічним, черговим, ремонтним або оперативно-ремонтним електротехнічним персоналом. У процесі експлуатації електроустановок виробляються роботи, передбачені графіками планово-попереджувального ремонту діючого устаткування, профілактичні випробування ізоляції електромашин, трансформаторів, кабелів, релейного захисту й автоматики та ін.

Електромережа виконана таким чином, що в нормальному режимі доторкання людини до струмопровідних частин обладнання виключене, тобто виконані всі вимоги ПУЕ. Робота обладнання супроводжується великими шумами. Робота проводиться в 1 зміну.

На підприємстві на оперативно-ремонтний персонал впливають наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори у відповідності з прийнятою класифікацією (ГОСТ 12.0.003-74) [31].

а) фізичні:

- машини та механізми, що рухаються;
- незахищені елементи виробничого обладнання;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищена і понижена запиленість і загазованість повітря робочої зони;
- підвищена і понижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищена і понижена температура поверхонь;
- підвищена і понижена вологість повітря робочої зони;
- нестача природного освітлення.
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може збуватися через тіло людини.

б) психофізіологічні:

- перевантаження фізичні (динамічні)
- нервово-психічні (монотонність роботи, перенапруга аналізаторів).

## 6.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

### 6.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Схема приміщення, де розміщується оперативно-ремонтний персонал, зображена на рис. 6.1. На плані вказано розташування обладнання на робочих місцях, проходи між виробничим обладнанням, улаштування перегородок та орієнтація робочих місць відносно світлових прорізів.

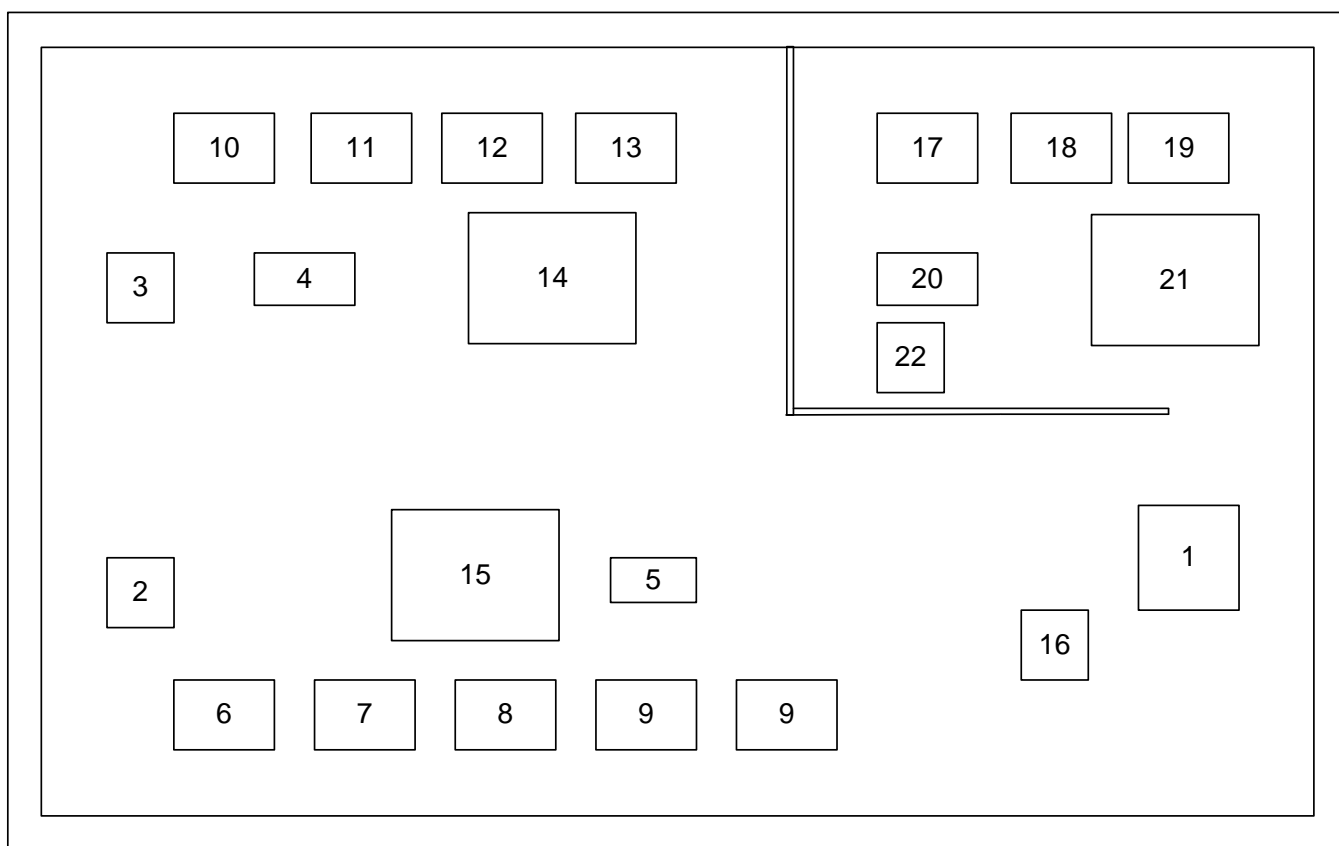


Рисунок 6.1 – План виробничого корпусу

В таблиці 6.1 наведено відомості про електричне навантаження ремонтно-механічного цеху ТОВ «Вінниця-млин».

Таблиця 6.1 – Відомості про електричне навантаження цеху

№ на плані	Ремонтно-механічний цех	Потужність споживачів цеху, кВт
1	Компресор	37
2,3	Вентилятор 1	15
16	Вентилятор 2	7,5
14,15	Розсів	5,5
6,7,8,9	Норія зернова 1	5
4,5,20	Сепаратор	1,5
10,11,12,13	Норія зернова 2	5,5
22	Вентилятор 3	7,5
17,18,19	Норія зернова 3	4
21	Розсів 2	5
19	Вентилятор	7
20	Гідравлічний прес	7

Раціональне просторове розміщення основного технологічного обладнання та допоміжних матеріалів забезпечує зручність їх обслуговування, вільний доступ до механізмів, зручну робочу позу робітників.

### 6.1.2 Електробезпека

Живлення системи освітлення здійснюється від чотирипровідної трифазної мережі 380 x 220 В (фазна напруга (фаза – "0") – 220 В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380 В). Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю струмопровідної підлоги. Технічні рішення щодо запобігання електротравмам [32]:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмовідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмовідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;
- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;
- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;



2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму КЗ. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

### 3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Основними споживачами електроенергії у виробничому цеху є електричні двигуни та виробниче обладнання, яке працює на напрузі 380 В.

Обладнання має відповідати вимогам ГОСТ 12.2.007.8 [33] та ПВЕ.

До ремонтно-обслуговувальних робіт допускаються робітники, не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд, спеціальну підготовку та перевірку теоретичних знань і практичних навичок, знань інструкції з охорони праці і мають кваліфікаційне свідоцтво з записом про допуск на виконання цих робіт, спеціальне навчання та щорічну перевірку знань з одержання спеціального посвідчення згідно з вимогами Правил пожежної безпеки в Україні. Оперативно-ремонтний персонал повинен мати II групу з електробезпеки [34].

Для установок, призначених для постійних робіт у будовах поза цехами та ділянками, мають бути передбачені спеціальні вентилязовані приміщення зі стінами з негорючих матеріалів.

Електроустановки повинні бути захищені запобіжниками чи автоматичними вимикачами з боку живильної мережі.

Для запобігання займанню електропроводів та електрообладнання слід правильно добирати переріз кабелів за значенням струму, ізоляцію кабелів за робочою напругою та плавкі вставки запобіжників за гранично допустимим струмом.

Електроустановки на весь час роботи слід заземлити мідним проводом з перерізом не менше 6 мм<sup>2</sup> або сталевим прутом (смугою) перерізом не менше 12 мм<sup>2</sup>. Заземлення здійснюється через спеціальний болт, який має бути на корпусів установки.

Перед початком робіт необхідно зовнішнім оглядом перевірити справність ізоляції зварювальних проводів та електро-приймачів, а також надійність з'єднання усіх контактів [35].

У разі пошкодження ізоляції проводів їх слід замінити або помістити в резиновий шланг.

При роботі на млині можуть бути небезпечні і шкідливі виробничі фактори, по відношенню до яких слід проявляти підвищену обережність: рухомі механізми, запиленість, рівень статистичного електричного поля, можливість появи на струмопровідних частинах обладнання небезпечного електричного навантаження, можливість утворення вибухо-небезпечної суміші, пожежна безпека.

Забороняється до повної зупинки двигуна машини відкривати люки шлюзових запорів, знімати захисні кожухи, проводити змащення, підтягувати різьбові з'єднання чи проводити технічне обслуговування.

В кінці робочої зміни при зупинці машин, слід змитати борошняний пил. Періодично проводити прибирання приміщення, провітрювати його, зволожувати повітря, слідкувати за герметичністю повітропроводів.

Перед зупинкою машин спершу припинити подачу продукту (виключенням подаючого транспортера, перекриттям заслінки і т. д.) і коли зерно перестало поступати, виключити двигун.

Забороняється залазити в бункера під час роботи машин. Силосні люки повинні бути закриті кришками і заперті на замок. Завальні ями повинні бути обладнані захисними решітками.

Очищення забивання норій і шнеків проводять при виключеному двигуні з допомогою спеціальних чистиків.

Слід регулярно очищати магнітний сепаратор, каменеуловлювач, подаючі вальці. Операція очищення проводиться при повністю зупиненій машині.

Електрообладнання повинно бути захищено від пилу, дверки електрошафи повинні бути завжди замкнені на ключ.

## 6.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

У відповідності до СН-245-71 "Санітарні норми проектування промислових підприємств" ТОВ «Вінниця-млин» відноситься до III класу з санітарно-захисною зоною 300 м [36].

Інструменти, матеріали і органи управління повинні бути розташовані дугою навколо робочого місця і по можливості ближче до оператора, інструменти і матеріали повинні знаходитись на відповідних місцях, щоб виключити зайві рухи на їх пошук і вибір.

В процесі експлуатації енергетичного обладнання з'являється ряд небезпечних і шкідливих факторів. До них належать наявність поверхонь з високою температурою, конвенційних і променевих теплових потоків, велике виділення вологи, застосування пожежонебезпечних матеріалів, наявність шуму і вібрації від трансформатора; вплив електромагнітних полів, які наводяться високою напругою. Досить значний вплив на організм людини мають електромагнітні поля, які наводяться високою напругою і діють, як фізіологічно так і електрично. Фізіологічна дія сприймається людиною з такими симптомами: відчуття поколювання відкритих частин тіла, загальна недуга, головні болі.

Споруди, у відповідності з діючими нормами та правилами, можуть мати будь-яку форму і розміри, які повинні забезпечити сприятливі санітарно-гігієнічні і безпечні умови праці. Особливу увагу потрібно приділити розміщенню обладнання, організації потоків людей і вантажів. Велику роль в забезпеченні санітарно-гігієнічних умов праці відіграють вимоги до організації робочих місць.

### 6.2.1 Мікроклімат

Для підвищення працездатності та збереження здоров'я важливо створити для людини стабільні метеорологічні умови - мікроклімат повітряного середовища. Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні. Унітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ГОСТ 12.1.005-88 встановлюють оптимальну та допустиму температуру, відносну швидкість та швидкість руху повітря у визначених діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт, та допустимої інтенсивності випромінювання [37].

До категорії Пб відносяться роботи, що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням, переміщенням невеликих (до 10 кг) вантажів, та супроводжуються помірним фізичним напруженням, витрата енергії складає від 201 - 250 ккал/год. Допустимі параметри мікроклімату приведені в табл. 6.2.

Таблиця 6.2. – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні виробничого приміщення

Період року	Категорія робіт по важкості	Температура °С	Відносна вологість %	Швидкість повітря м/с
		Допустима	Допустима	Допустима
Холодний	Середньої важкості П б	15-21	75	<0,4
Теплий	Середньої важкості П б	16-27	70 при 25°	0,2-0,5

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачена штучна проточна загально обмінна вентиляція, яка забезпечує створення необхідного мікроклімату та чистоти повітряного середовища у всьому об'ємі робочої зони.

Використання засобів індивідуального захисту. Важливе значення для профілактики перегрівання мають індивідуальні засоби захисту. Спецодяг повинен

бути повітро- та вологопроникним (бавовняним, з льону, грубововняного сукна), мати зручний покрій.

### 6.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. Шкідливі речовини, що потрапили в організм людини спричиняють порушення здоров'я лише в тому випадку, коли їхня кількість в повітрі перевищує граничну для кожної речовини величину. Під гранично допустимою концентрацією (ГДК) шкідливих речовин в повітрі робочої зони розуміють таку концентрацію, яка при щоденній (крім вихідних днів) роботі на протязі 8 годин чи іншої тривалості (але не більше 40 годин на тиждень) за час всього трудового стажу не може викликати професійних захворювань або розладів у стані здоров'я, що визначаються сучасними методами як у процесі праці.

В умовах виробничого процесу експлуатації верстату можливим забруднювачами повітря може бути промисловий пил, його ГДК відповідно до [37] наведено в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери в робочій зоні шокової дробарки

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Пил може здійснювати на людину фіброгенну дію, при якій в легенях відбувається розростання сполучних тканин, що порушує нормальну будову та функцію органу. Вражаюча дія пилу в основному визначається дисперсністю (розміром частинок пилу), їх формою та твердістю, волокнистістю, питомою поверхнею.

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця. Нагромадження пилу вказує на необхідність у вживанні заходів по очищенню від нього. Тому необхідно постійно очищувати пил та проводити вологе прибирання приміщень, за умови вимкнення устаткування.

### 6.2.3 Виробниче освітлення

Природне освітлення поділяється на бокове (одно- або двохстороннє), що здійснюється через світлові отвори (вікна) в зовнішніх стінах; верхнє, здійснюване через ліхтарі та отвори в дахах і перекриттях; комбіноване — поєднання верхнього та бокового освітлення.

На рівень освітленості приміщення при природному освітленні впливають наступні чинники: світловий клімат; площа та орієнтація світлових отворів; ступінь чистоти скла в світлових отворах; пофарбування стін та стелі приміщення; глибина приміщення; наявність предметів, що заступають вікно як зсередини так і з зовні приміщення. Нормування освітленості представлено в таблиці 6.4 [38].

Таблиця 6.4 – Нормування освітленості

Характеристика зорової роботи	Найменший об'єкт розрізнення, мм	Розділ зорової роботи	Підрозділ роботи	Контраст об'єкту розрізнення з фоном
Середньої точності	Більше 0,5 до 1	IV	а	малий
Характеристика фону	Освітленість, лк		КЕО $E_H$ %	
	Штучне освітлення		Природне освітлення	Сумісне освітлення
	Комбіноване	Загальне		
темний	750	300	2	1

Оскільки природне освітлення непостійне впродовж дня, кількісна оцінка цього виду освітлення проводиться за відносним показником – коефіцієнтом природнього освітлення (КПО).

Прийняте роздільне нормування КПО для бічного і верхнього освітлення. Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом, нормується мінімальне значення КПО в межах робочої зони, що повинно бути забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна. Нормовані значення КПО визначаються за формулою:

$$e_n = e_H \cdot m_n, \quad (6.1)$$

де  $e_H$  - значення КПО для будинків;

$m_n$  - коефіцієнт сонячності клімату - 0,85, вікна переважно зорієнтовані на захід.

Підставивши значення КПО, отримаємо:

а) Для природнього освітлення

$$e_n = 2 \cdot 0,85 = 1,7 \%;$$

б) Для комбінованого освітлення

$$e_n = 1 \cdot 0,85 = 0,85 \%.$$

Штучне освітлення передбачається у всіх виробничих та побутових приміщеннях, де недостатньо природного світла, а також для освітлення приміщень в темний період доби. При організації штучного освітлення необхідно забезпечити сприятливі гігієнічні умови для зорової роботи і одночасно враховувати економічні показники.

Штучне освітлення використовується двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення - освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання. Комбіноване освітлення - додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місцеве освітлення - освітлення, яке створюється світильниками, які концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

На робочих місцях встановлюються світильники місцевого освітлення ( $e=2\%$ ). В місцях де постійно працюють робітники застосовують люмінесцентні лампи ЛБ. Щоб зменшити ефект пульсації світлового потоку, сусідні світильники включають на різні фази мережі. Освітлення сучасних електромеханічних та ремонтно-механічних цехів реалізують за допомогою прожекторів із галогеновими лампами. Освітленість робочих місць при застосуванні ламп розжарювання повинна бути не менше 10 лк. Черговий та оперативний персонал повинен бути забезпечений додатковими акумуляторними ліхтарями.

#### 6.2.4 Виробничий шум

Дія шуму на людину може викликати зміни, функціональні розлади і механічні пошкодження. На ділянці роботи шум по характеру спектра - широкопasmовий, з безперервним спектром шириною більше октави. За часовою характеристикою шум відноситься до категорії постійного.

Види шуму:

- механічний, що виникає в результаті руху окремих вузлів та деталей установок, машин;
- аеродинамічний, що виникає в результаті переміщення газоподібних речовин з великою швидкістю (вентиляторні, компресорні установки);
- гідродинамічний, що виникає внаслідок стаціонарних та нестаціонарних процесів в рідинах (насоси);
- електромагнітний, що виникає в електричних машинах, приладах, електричних апаратах.

Найбільш раціональний спосіб - пониження шуму в джерелі або зміна напрямку його випромінювання. Однак вони потребують конструкторської переробки джерела, яке випромінює шум або механізму в цілому, що є несприятливими. Можна рекомендувати застосування менш шумного обладнання, але іноді даний варіант не може бути використаний, так як деяке обладнання шумне саме по собі а не від того, що це неякісне обладнання.



Зменшення шуму, який проникає в приміщення через повітрявод, канали вентиляційних систем та прилади кондиціонування повітря, здійснюється глушниками. На більшості робочих місць присутній постійний шум, при роботі синхронного електродвигуна СТД-12500 - непостійний.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях згідно СН 3223-85 приведені в таблиці 6.5 [39].

Таблиця 6.5 - Санітарні норми шуму

Робоче місце	Рівні звукового тиску (дБ) в активних полосах з середньо-геометричними частотами (Гц)								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Виробниче приміщення	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні передбачено:

- 1) усунення, коливань у джерелі виникнення, ретельне балансування обладнання, мас, які обертаються;
- 2) усунення коливань на шляху розповсюдження, звукоізоляція, звукопоглинання, багатошарові огорожі;
- 3) проектно-архітектурні методи передбачають розташування обладнання, вибір перекриття;
- 4) організаційно-технологічні рішення: своєчасне і якісне проведення планово-попереджувального ремонту; контроль за правильною експлуатацією, вибір малощумного обладнання та технологій.

На підприємствах повинно бути забезпечено контроль шуму на робочих місцях не менше одного разу в рік.

### 6.2.5 Виробничі вібрації

Вібрацією називають будь-які механічні коливання пружних тіл, які проявляються в їх переміщенні в просторі. Коливання частотою нижче 16 (Гц) сприймаються органами як вібрації.

Джерелами вібрацій можуть бути дробарки, електродвигуни, вентилятори.

Основними гігієнічними характеристиками вібрації, які визначають вплив на людину, є середньоквадратичні значення віброшвидкості чи її логарифми. Систематична дія вібрації призводить до різних порушень здоров'я людини, стає причиною вібраційної хвороби. Загальна вібрація діє на нервову, серцево-судинну систему, порушується обмін речовин; виникає головний біль, порушується сон, знижується продуктивність праці.

З метою виключення можливості виникнення віброхвороби обмежують параметри вібрації робочих місць і поверхні контакту працюючих згідно. Допустимі значення нормованих вібрацій на постійних робочих місцях в даному виробничому приміщенні приведені в табл. 6.6 [40].

Таблиця 6.6 - Допустимі рівні вібрації на робочих місцях

Види вібрацій	Октавні смуга з середньо-геометричними частотами, Гц				
	2	4	8	16	31,5
На постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	1,3/108	0,45/99	0,22/93	0,2/92	0,2/92

Заходи боротьби: динамічне гасіння коливань і зміна конструктивних елементів установки.

Боротьба з вібрацією досягається вибором таких кінематичних і технологічних схем, при яких динамічні процеси, які викликані поштовхами, різкими прискореннями, будуть виключені чи гранично знижені. Динамічне гасіння вібрації відбувається частіше всього шляхом розміщення установок на фундаменті, масу яких визначають з розрахунку, щоб амплітуда коливань не перевищувала 0,1-0,2 (мм).

### 6.2.6 Психофізіологічні фактори

Оцінка важкості праці здійснюється на підставі обліку всіх наведених в таблиці 6.7 [41] показників. При цьому, спочатку встановлюється клас кожного із вимірюваних показників, а кінцева оцінка важкості праці встановлюється за показником, який має найвищий ступінь важкості.

Важкість праці оперативного-ремонтного персоналу характеризується фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальним числом стереотипних робочих рухів, розміром статичного навантаження, робочою позою, ступенем нахилу корпусу, переміщенням в просторі.

Таблиця 6.7 – Класи умов праці за показниками важкості трудового процесу

№ п/п	Клас умов праці	
	Показники важкості трудового процесу	Допустимий (середнє фізичне навантаження)
1.	Фізичне динамічне навантаження	
1.1	При регіональному навантаженні (з переважною участю м'язів рук та плечового поясу) при переміщенні вантажу на відстань до 1 м:	
	- для чоловіків	До 5000
	- для жінок	До 3000
1.2	При переміщенні вантажу на відстань від 1 до 5 м:	
	- для чоловіків	До 25000
	- для жінок	До 15000
2.	Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну)	
2.1	При локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	До 40000
2.2	При регіональному навантаженні (при роботі з переважною участю м'язів рук та плечового поясу)	До 20000
3.	Робоча поза	Періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба,

		незручним розташуванням кінцівок) та/або фіксованій позі (неможливість зміни взаєморозташування різних частин тіла відносно одна одної) до 25% часу зміни. Знаходження в позі стоячи до 60% часу зміни.
4.	Нахили корпуса, кількість за зміну	51-100
5.	Переміщення у просторі, км	
5.1	По горизонталі	До 8
5.2	По вертикалі	До 4

Напруженість праці відображає навантаження переважно на центральну нервову систему, органи чуттів, емоційну сферу працівника.

Оцінка напруженості праці здійснюється на підставі обліку всіх наявних значущих показників, які можуть перевищувати нормативні рівні згідно з таблицею 6.8. Спочатку встановлюється клас кожного з показників, що визначались. Кінцева оцінка напруженості праці встановлюється за показником, який має найвищу напруженість.

Таблиця 6.8 – Класи умов праці за показниками напруженості трудового процесу

№ п/п	Клас умов праці	
	Показники напруженості трудового процесу	Допустимий (напруженість праці середнього ступеня)
1.	Інтелектуальні навантаження	Рішення простих альтернативних завдань згідно з інструкцією
2.	Зміст роботи	
2.1	Сприймання сигналів (інформації) та їх оцінка	Сприймання сигналів з наступною корекцією дій та операцій

2.2	Розподіл функцій за ступенем складності завдання	Обробка виконання завдання та його перевірка
2.3	Характер виконуваної роботи	Робота за встановленим графіком з можливим його коректуванням в ході діяльності
3.	Сенсорні навантаження	25-50
4.	Емоційне навантаження	
4.1	Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності. Значущість помилки	Несе відповідальність за функціональну якість допоміжних робіт (завдань). Вимагає додаткових зусиль з боку керівництва (бригадира, майстра)
4.2	Монотонність навантаження	9-6
4.3	Тривалість виконання простих виробничих завдань чи операцій, що повторюються (сек.)	100-25 19-10
4.4	Час активних дій (в % до тривалості зміни). Решту часу – спостереження за технологічним процесом	76-80
4.5	Монотонність виробничої обстановки (час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни)	20-24
5.	Режим праці	
5.1	Фактична тривалість робочого дня (год.)	8-9
5.2	Змінність роботи	Двозмінна робота (без нічної зміни)
5.3	Наявність регламентованих перерв та їх тривалість	Перерви регламентовані, недостатньої тривалості: від 3% до 7% часу зміни

6.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи системи енергопостачання ТОВ «Вінниця-млин» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Забезпечення стійкості роботи системи енергопостачання підприємства в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій базується на комплексі організаційних, інженерно-технічних заходів і засобів, спрямованих на збереження працездатності в умовах дії загрозливих чинників. Для цього необхідно: прогнозувати та оцінити можливі наслідки, заздалегідь спланувати заходи із запобігання та зменшення вірогідності виникнення НС і скорочення масштабів прояву результатів НС, організація робіт в умовах НС та ліквідація її наслідків.

Ефективність роботи підприємства залежить від його здатності стійко працювати не тільки у звичайних умовах, а і в умовах НС [42].

Одним з загрозливих чинників для системи енергопостачання є електромагнітний імпульс (ЕМІ). Вражаюча дія ЕМІ в приземній області і на землі пов'язана з акумулюванням його енергії довгими металевими предметами, рамними і каркасними конструкціями, антенами, лініями електропередачі та зв'язку. В них виникають сильні наведені струми, які руйнують підключене електронне та інше чутливе устаткування. У районі дії ЕМІ безпосередній контакт людини зі струмопровідними предметами також є небезпечним.

При великих дозах випромінювання втрачають працездатність комплектуючі елементи системи електропостачання. В результаті опромінення у конденсаторах знижуються напруги та опір стікання, змінюється провідність і внутрішній нагрів, руйнується електрична ізоляція провідників з полімерних матеріалів.

В органічних ізоляційних і діелектричних матеріалах змінюються такі параметри, як електрична провідність, діелектрична проникність і тангенс кута втрат.

Безвідмовність системи енергопостачання – це властивість зберігати працездатність при її використанні в процесі електро та теплопостачання. При нестійкому живленні може бути збій або обмеження енергопостачання, що виникає внаслідок дії електромагнітного імпульсу, іонізуючого випромінювання та інших

факторів надзвичайних ситуацій. Тому необхідно дослідити вплив загрозливих чинників на роботу системи та розробити заходи, які сприятимуть підвищенню стійкості її роботи.

### 6.3.1 Дослідження стійкості роботи системи енергопостачання в умовах дії іонізуючих випромінювань

За критерій безпеки роботи технологічного обладнання в умовах дії іонізуючих випромінювань приймається таке граничне значення експозиційної дози, при якому можуть виникнути тимчасові зміни, але електроприлади будуть працювати.

Визначимо елементи, від яких залежить функціонування системи, а також граничні значення експозиційних доз, при яких в елементах можуть виникнути зворотні зміни, але вони ще будуть працювати. Дані занесемо в таблицю 6.9.

Таблиця 6.9 – Елементи функціонування системи

№	Система	Блоки системи енергопостачання	Елементи системи енергопостачання	Ді.гр, Р	Д гр.б., Р	Д гр.с., Р
1	Автоматизована лінія	Блок живлення	Діоди	$10^3$	$10^5$	$10^3$
			Конденсатори	$10^9$		
			Транзистори	$10^4$		
		Блок управління	Транзистори	$10^5$	$10^5$	
			Мікросхеми	$10^4$		
			Мікроконтролер	$10^5$		
		Виконавчий блок	Мікросхеми	$10^4$	$10^4$	
Мікроконтролер	$10^5$					
2	Центральна система управління	Блок живлення	Інтегральні схеми	$10^3$	$10^4$	
			Мікропроцесор	$10^5$		
		Блок управління	Інтегральні схеми	$10^4$	$10^7$	
			Конденсатори	$10^9$		
			Резистори	$10^9$		
3	Система збору даних	Блок живлення	Діоди	$10^3$	$10^5$	
			Резистори	$10^9$		
		Блок управління	Діоди	$10^6$	$10^4$	
			Мікросхеми	$10^3$		

Проаналізувавши дані таблиці 5.1 визначили, що самим уразливим елементом блоків системи енергоспоживання є система збору даних з мінімальною дозою  $D_{гр.с}=10^4$  Р. Визначаємо можливу експозиційну дозу опромінення за формулою:

$$D_M = \frac{2 \cdot P_1 \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{осл}}, \quad (6.2)$$

Де  $P_1$  – максимальне значення рівня радіації (4,79 Р/год);

$t_k$  – час кінця опромінення ( $t_k = 43800$  год);

$t_n$  – час початку опромінення ( $t_n = 1$  год);

$K_{осл}$  – коефіцієнт послаблення радіації ( $K_{осл} = 1$  год).

$$D_M = \frac{2 \cdot 4,79 \cdot (\sqrt{43800} - \sqrt{1})}{1} = 1995,36 \text{ (Р)},$$

Оскільки  $D_{гр.і} > D_M$ , то дана система стійка до дії радіації. Визначимо допустимий час роботи системи в заданих умовах за формулою:

$$t_d = \left( \frac{D_{гр.і} \cdot K_{осл} + 2 \cdot P_1 \cdot \sqrt{t_n}}{2 \cdot P_1} \right)^2, \quad (6.3)$$

$$t_d = \left( \frac{10^4 \cdot 1 + 2 \cdot 4,79 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 4,79} \right)^2 = 10,91 \cdot 10^5 \text{ (год)}.$$

Отже, можлива доза опромінення системи  $D_M = 1995,36$  Р, а допустима –  $10^4$  Р, тому система буде стійкою в умовах дії іонізуючого випромінювання. Допустимий час роботи системи в заданих умовах становить  $10,91 \cdot 10^5$  год., при рівні радіації  $P_1=4,79$  Р/год.



### 6.3.2 Дослідження стійкості системи енергопостачання в умовах дії електромагнітного імпульсу

Початковими даними є:

- 1) Вертикальна складова напруженості електричного поля:  $E_B = 11,51$  кВ/м.
- 2) Напряга живлення  $U_{ж1} = 380$  В,  $U_{ж2} = 220$  В,  $U_{ж3} = 12$  В.

Визначимо горизонтальну складову напруженості електричного поля

$$E_T = E_B \cdot 10^{-3} = 11,51 \cdot 10^{-3} = 0,01151 \text{ (кВ/м)}.$$

Визначаємо напруги наведення в вертикальних та горизонтальних струмопровідних частинах

$$U_B = E_T \cdot l_B = 11,51 \cdot 10^{-3} \cdot 0,85 = 0,009 \text{ (кВ)}.$$

$$U_T = E_B \cdot l_T = 11,51 \cdot 1,6 = 18,41 \text{ (кВ)}.$$

Визначаємо допустиму напругу живлення при  $U_{ж1} = 380$  В

$$U_{доп} = U_{ж} + \frac{U_{ж}}{100} \cdot N, \quad (6.4)$$

$$U_{доп} = 380 + \frac{380}{100} \cdot 5 = 399 \text{ (В)}.$$

Визначимо коефіцієнт безпеки

$$K_{б.г} = 20 \cdot \lg \frac{U_{доп}}{U_T}, \quad (6.5)$$

$$K_{б.г} = 20 \cdot \lg \frac{0,399}{18,41} = -33,28 \text{ (дБ)},$$

$$K_{б.в} = 20 \cdot \lg \frac{U_{доп}}{U_B},$$

$$K_{б,в} = 20 \cdot \lg \frac{399}{9} = 32,93 \text{ (дБ)}.$$

Аналогічно проводимо розрахунок для напруг живлення  $U_{ж2} = 220 \text{ В}$ ,  $U_{ж3} = 12 \text{ В}$  і заносимо дані в таблицю 6.10.

Таблиця 6.10 – Коефіцієнти безпеки системи енергопостачання при різних значеннях напруги живлення

$U_{ж}, \text{ В}$	$U_{в}, \text{ В}$	$U_{г}, \text{ кВ}$	$U_{доп}, \text{ В}$	$K_{бв}, \text{ дБ}$	$K_{бг}, \text{ дБ}$	Результат дії
380	9	18,41	399	32,93	-33,28	Нестійка
220	9	18,41	231	28,18	-38,02	Нестійка
12	9	18,41	12,6	2,92	-63,29	Нестійка

Отже, система енергопостачання буде нестійка в роботі, тому що  $K_{бв}$  і  $K_{бг}$  менше 40 дБ. Заходом по підвищенню стійкості системи є екранування апаратури сталевим, свинцевим або алюмінієвим екраном.

### 6.3.3 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи системи енергопостачання в умовах надзвичайних ситуацій

Головне завдання захисних пристроїв від ЕМІ – виключити доступ наведених струмів до чутливих вузлів і елементів обладнання. У кожному конкретному випадку повинні бути здійснені найбільш ефективні і економічно доцільні методи захисту електроапаратури. Розглянемо основні методи захисту:

1) Металеві екрани відбивають електромагнітні хвилі і гасять високочастотну енергію. Через систему заземлення струм, наведений ЕМІ, стікає в землю, не завдаючи шкоди апаратурі.

2) Кабельні лінії прокладають в земляних траншеях під цементною або бетонною підлогою будівель або укладають в сталеві короби.

3) Встановлюють захисні розрядники, основна функція яких – розімкнути лінію або відвести енергію для запобігання пошкодження обладнання. Також для захисту

електроприладів можуть бути рекомендовані плавкі запобіжники і автоматичні вимикачі.

4) Грозозахисні пристрої забезпечують «стікання» великого розряду в землю без пошкодження ізоляційних елементів ліній.

Проведемо розрахунок екрану для підвищення стійкості апаратури від дії електромагнітного імпульсу.

Перехідне гасіння енергії електричного поля екраном для сталі:

$$A = 40 + K_{\text{бв}}, \quad (6.6)$$

Для напруги живлення 380 В

$$A = 40 + 32,93 = 72,93 \text{ дБ.}$$

Для напруги живлення 220 В

$$A = 40 + 28,18 = 68,18 \text{ дБ.}$$

Для напруги живлення 12 В

$$A = 40 + 2,92 = 42,92 \text{ дБ.}$$

Розрахуємо товщину захисних екранів. Для цього виберемо найслабкішу апаратуру до дії ЕМІ – апаратура з напругою живлення 380 В.

$$t = \frac{A}{5,2 \cdot \sqrt{f}}, \quad (6.7)$$

де  $f$  – найбільш характерна частота ( $f = 15$  кГц).

$$t = \frac{72,93}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,11 \text{ см,}$$

Отже, при екрануванні всіх елементів системи з використанням екрану товщиною 0,11 см електропристрої будуть стійкими до дії електромагнітного імпульсу.

Підвищення стійкості роботи системи енергопостачання можна досягти шляхом посилення найбільш слабких елементів і ділянок системи, а також завчасним проведенням комплексу інженерно-технічних, технологічних та організаційних заходів, які спрямовані на максимальне зниження дії вражаючих факторів [42].

Висновки до 6 розділу:

В даному розділі магістерської роботи були розглянуті питання охорони праці операивно-ремонтного персоналу по обслуговуванню електрообладнання ТОВ «Вінниця-млин».

Були розроблені конкретні технічні рішення з електробезпеки та промислової санітарії, пов'язані як з самою конструкцією основного і допоміжного технічного устаткування, так і з конкретними умовами його експлуатації чи монтажу. Надано технічні рішення із запобігання електротравм від контакту з нормально струмоведучими елементами електроустаткування – що передбачено проектом для запобігання контакту персоналу з нормально струмоведучими елементами або ж для зменшення тяжкості наслідків при такому контакті, технічні рішення щодо запобігання електротравмам при переході напруги на нормально неструмовідні елементи електроустаткування.

У другому підрозділі окремо для факторів санітарно-гігієнічного комплексу (мікроклімату, складу повітряного середовища, виробничого освітлення, шуму, вібрації) наводилися передбачені проектом технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.

Також в даному розділі було проведено дослідження безпеки роботи системи енергопостачання ТОВ «Вінниця-млин» до дії іонізуючих випромінювань та електромагнітного імпульсу.

В умовах дії іонізуючого випромінювання пристрій буде працювати стійко, так як граничне значення експозиційної дози випромінювання  $D_{гр} = 10^4$  Р, що значно більше, ніж можливе значення максимальної дози опромінення системи  $D_M = 1995,36$  Р. Отже, підвищувати стійкість роботи системи енергопостачання до впливу іонізуючого випромінювання не потрібно.

Вплив електромагнітного імпульсу на електропристрої призводить до порушення стійкості роботи системи енергопостачання. Застосування екранування підвищило стійкість роботи системи в умовах дії електромагнітного імпульсу.

Також в даному розділі було розроблено технічні рішення системи запобігання пожежі та протипожежного захисту промислового приміщення підприємства.

## ВИСНОВКИ

В даній магістерській кваліфікаційній роботі було досліджено питання стимулювання промислового підприємства ТОВ «Вінниця-млин» до енергозбереження.

Для досягнення даної мети розв'язано такі задачі: приведено основні відомості про досліджуване підприємство та про його систему електропостачання; досліджено існуючу систему тепlopостачання підприємства та розраховано теплову схему парової котельні; розроблено технічні рішення щодо встановлення парової та фреонової турбіни в котельні підприємства; розглянуто техніко-економічну доцільність реконструкції котельні з врахуванням наявності турбогенератора як локалізованого джерела енергопостачання з можливістю відпуску електроенергії в мережу; розроблено математичну модель стимулювання підприємства до енергозбереження; проведено техніко-економічний розрахунок; розроблено заходи з охорони праці на підприємстві та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

В першому розділі наведено короткий опис технологічних процесів підприємства, що дозволило розробити найбільш оптимальний варіант стратегії стимулювання ТОВ «Вінниця-млин» до енергозбереження.

В другому розділі проаналізовано систему електропостачання підприємства в цілому та виробничого цеху. Розглянуто варіант підключення індивідуального джерела енергопостачання (турбогенератора парової котельні) до мережі з можливістю відпуску невикористаної електроенергії.

В третьому розділі магістерської кваліфікаційної роботи розроблено комплекс заходів для підвищення ефективності котельні підприємства шляхом перетворення її в міні-ТЕЦ. Для цього розроблено два варіанта проектних рішень: зі встановленням парової турбіни та турбогенератора та зі встановленням фреонової турбіни. Проведений техніко-економічний аналіз показав, що найбільш доцільним є варіант встановлення парової турбіни в котельні підприємства.

В четвертому розділі розглянуто квазікомпенсаторну систему стимулювання як оптимальну систему для застосування її при заохоченні підприємства ТОВ «Вінниця-

млин» до впровадження засобів підвищення ефективності енерговикористання. Розроблено оптимальний план  $u^*$ , що доставляє максимум суми цільових функцій учасників організаційної системи і, відповідно, являється ефективним.

Приведені результати дозволяють виділити перспективні напрямки подальших досліджень в області стимулювання промислових підприємств до енергозбереження (в першу чергу – вивчення механізмів управління організаційними системами, а також повне дослідження процесу стимулювання багатоелементних систем з наявністю обмежень множини допустимих дій). Тому доцільно допустити, що узагальнення методів стимулювання організаційних систем виявиться ефективним і адекватним інструментом підвищення ефективності використання енергоресурсів.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Попсуй Л. В. “Аналіз енергоефективності Закритого акціонерного товариства “Вінниця-млин”. Бакалаврська дипломна робота. – Вінниця: ВНТУ, 2018 – 104 с.
2. Технологія виробництва борошна [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mehzavod.com.ua/ua/catalog/proizvodstvo-muki/>.
3. Бурбело Михайло Йосипович. Розрахунок внутрішнього електропостачання: навчальний посібник / М.Й. Бурбело. –Вінниця : ВНТУ, 2017 – 63 с. – Режим доступу: <http://burbelo.vk.vntu.edu.ua//file/e63746e24c7ae10b39fde8b60b0be222.pdf> .
4. Силові трансформатори [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.bisik.kiev.ua/uk/transformers>
5. Справочник по проектированию электроснабжения / Ю.Г. Барыбин, И.С. Бабаханян, А.А. Бейдер [та ін.] // . – Москва: Энергоатомиздат, 1990 – 576 с. ISBN 5-283-01032-5. Правила установки электроустановок. – Харків: Індустрія, 2007. – 416 с. ISBN: 978-966-2160-50-5.
6. Неклепаев Борис Николаевич. Электрическая часть электростанций и подстанций / Б. Н. Неклепаев, И. П. Крючков. – Москва: Энергоатомиздат, 1989 – 607 с. ISBN 5-283-01086-4.
7. Правила улаштування електроустановок – Київ: Міненерговугілля України, 2017 – 617 с. – Режим доступу: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/06/%D0%9F%D0%A3%D0%95.pdf>
8. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / Под ред. Ю.Г.Барыбин и др.- М. Энергоатомиздат 1991 464 с. ISBN 5-283-01032-5.
9. ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 (ІЕС/TR 60909-4:2000, ІДТ) Національний стандарт України. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання.
10. Вимикачі навантаження [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://001.com.ua/uk/vymykachi-navantazhennya-c756>



11. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання / С. Й. Ткаченко, М. М. Чепурний, Д. В. Степанов. – Вінниця: ВНТУ, 2004 – 140 с.
12. Константинов С. М. Теплообмін: Підручник. – К. : ВПІ ВПК "Політехніка"; Інрес, 2005. – 304 с.
13. Тарифи на електроенергію для побутових споживачів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.nerc.gov.ua/?id=15985>
14. Ривкин С. Л., Александров А. А. Термодинамические свойства воды и водяного пара. – М.: Энергоатомиздат, 1980. – 80 с.
15. Бакластов А.М. Промышленные теплообменные процессы и установки. – М. : Энергоатомиздат, 1986 – 311 с.
16. Mayinger, F.; Schmidt, E.; Tratz, H.: Neue Zustandsgleichungen für Wasserdampf unter Berücksichtigung Ihrer Verwendung in elektronischen Rechenanlagen. BWK 14 (1962) 261 – 266.
17. Ривкин С. Л., Александров А. А. Теплофизические свойства воды и водяного пара. – М.: Энергия, 1980. – 424 с.
18. THERMOPHYS – Теплофизические свойства фреонов и других веществ (программа-справочник) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://obscurityway.blogspot.com/2016/02/blog-post.html>
19. Теплофизические свойства фреонов (том 2). Справочные данные / Алтунин В.В., Геллер В.З., Кременевская Е.А., Перельштейн И.И., Петров Е.К. – М.: Издательство стандартов, 1985 – 264 с.
20. WINTOO – Паровые винтовые машины [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://wintoo.ru/>
21. Бурбело М. Й., Мельничук Л. М. Стимулювання зменшення втрат в електричних мережах: Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2008. – 110 с. – Режим доступу: <http://burbelo.vk.vntu.edu.ua//file/512ea1f1747bccc448e76292343f2a42.pdf>
22. Новиков Д. А. Стимулирование в организационных системах. М.: Синтег, 2003. – 312 с.
23. Казанов М. С. Разработка алгоритма оптимизации параметров и комплексной

оценки эффекта внедрения локальных источников питания в системах электроснабжения потребителей с распределенной генерацией: Диссертация. – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» - Москва, 2017. – 230 с. – Режим доступа: <https://www.dissercat.com/content/razrabotka-algoritma-optimizatsii-parametrov-i-kompleksnoi-otsenki-effekta-vnedreniya-lokaln>

24. Новиков Д. А. Механизмы функционирования многоуровневых организационных систем. М.: Фонд «Проблемы управления», 1999. – 161 с. – Режим доступа: [http://www.mtas.ru/uploads/file\\_33.pdf](http://www.mtas.ru/uploads/file_33.pdf)

25. Новиков Д. А. Механизмы стимулирования в организационных системах. Учебное пособие. М.: ИПУ РАН, 2004. – 147 с. – Режим доступа: [www.mtas.ru](http://www.mtas.ru)

26. Губко М. В., Новиков Д. А. Теория игр в управлении организационными системами. М.: Синтег, 2002. – 139 с. – Режим доступа: [www.mtas.ru](http://www.mtas.ru)

27. Демов О.Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах. Вінниця, ВНТУ, 2006. – 95с.

28. Шулле Ю. А., Демов О. Д. Менеджмент та маркетинг. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів напряму підготовки 6.050701 – «Електротехніка та електротехнології». – Вінниця: ВНТУ, 2016. – 23 с. – Режим доступа: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/12469>

29. Мельник Л.Г., Карінцева О.І., Сотник І.М. Економіка енергетики: Навчальний посібник. – Суми: ВТД „Університетська книга”, 2006. – 238 с.

30. Данилов О.Л., Костюченко П.А. Практическое пособие по выбору и разработке энергосберегающих проектов. 2006. – 217 с. – Режим доступа: [http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_12\\_Loskutov.doc.pdf\\_2477.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_12_Loskutov.doc.pdf_2477.pdf)

31. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы.

32. Глазунов, А.А. Электрические сети и системы: учебник / А.А. Глазунов, А.А. Глазунов. – М.: Госэнергоиздат, 1960. – 368 с.

33. ГОСТ 12.2.007.8 ССБТ. Устройства электросварочные и для плазменной обработки. Требования безопасности.

34. Идельчик, В.И. Электрические системы и сети: учебник для вузов / В.И. Идельчик. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.
35. Электрические системы. Режимы работы электрических систем и сетей / под ред. В.А. Веникова. – М.: Высшая школа, 1975. – 344 с.
36. СН 245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.
37. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
38. СНиП II-4-79/85. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования.
39. ДНАОП 0.03-33.14-85. Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях.
40. ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
41. Державні санітарні норми та правила. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.
42. Справочник по охране труда на промышленном предприятии /К.Н.Ткачук, Д.Ф.Иванчук, Р.В.Сабарно, А.Г.Степанов. - К.: Техника, 1991. - 285 с.
43. Попсуй Л.В. Стимулювання інвестиційних проектів зі зменшення втрат/ Л.В. Попсуй // XLVII науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету за участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2018/paper/view/3874/3217>
44. Попсуй Л.В., Герасименко Н.В. Energy efficiency in enterprises// Л.В. Попсуй // XLVIII науково-технічна конференція Інституту соціально-гуманітарних наук (2019) – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-hum/all-hum-2019/paper/view/6672>
45. Попсуй Л.В. Стимулювання зменшення втрат в електричних мережах// Л.В. Попсуй// XLVIII науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу,

співробітників та студентів університету за участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області. –

Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2019/paper/view/6737>

46. Головченко О.М., Нанака О.М., Попсуй Л.В. Дослідження точності програми розрахунків термодинамічних властивостей води та пари// XLVIII науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету за участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2019/paper/view/7299>

## ДОДАТКИ

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри ЕСЕМ

\_\_\_\_\_

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019р.

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему: СТИМУЛЮВАННЯ СПОЖИВАЧІВ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ  
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ВІННИЦЯ-МЛИН» ДО ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ  
08-17.МКР.002.07.000 ТЗ

Науковий керівник:

д. т. н, проф. Бурбело М. Й.. \_\_\_\_\_

(підпис)

Виконавець: студентка гр. ЕМ- 18м

Попсуй Л. В.. \_\_\_\_\_

(підпис)

Вінниця 2019 р

## 1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № 254 від 2. 10.19р.

Дата початку роботи 2 . 10 .19р.

Дата закінчення роботи 03 .12.19р.

## 2. МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРОБКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

- а) мета – стимулювання підприємства до енергозбереження;
- б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.
- в) вихідні дані для виконання МКР: генплан підприємства; відомості про джерела живлення; основні техніко-економічні показники.

## 3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Методичні вказівки до оформлення дипломних проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. Г.Л. Лисенко, А.Г. Буда, Р.Р. Обертюх. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 60 с,

3.2 Новиков Д. А. Механизмы стимулирования в организационных системах. Учебное пособие. М.: ИПУ РАН, 2004. – 147 с.

3.3 Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) – видання третє, перероблене і доповнене - 2017 р.

3.4 М.Й. Бурбело «Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків».- Вінниця: ВНТУ, 2005р.

3.5 Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел тепlopостачання / С. Й. Ткаченко, М. М. Чепурний, Д. В. Степанов. – Вінниця: ВНТУ, 2004 – 140 с.

#### 4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для дослідження	03.09.19	20.09.19
4.2 Проведення дослідних розрахунків	02.10.19	12.11.19
4.3 Розробка робочих креслень	12.11.19	26.11.19
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи	27.11.19	03.12.19

#### 5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстровані матеріали, анотація до МКР українською та іноземною мовою, додатки.

#### 6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

Робота приймається на проміжних контрольних перевірках, попередньому захисті та захисті в ДЕК.

#### 7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

##### 7.1 Дані про патентоспроможність

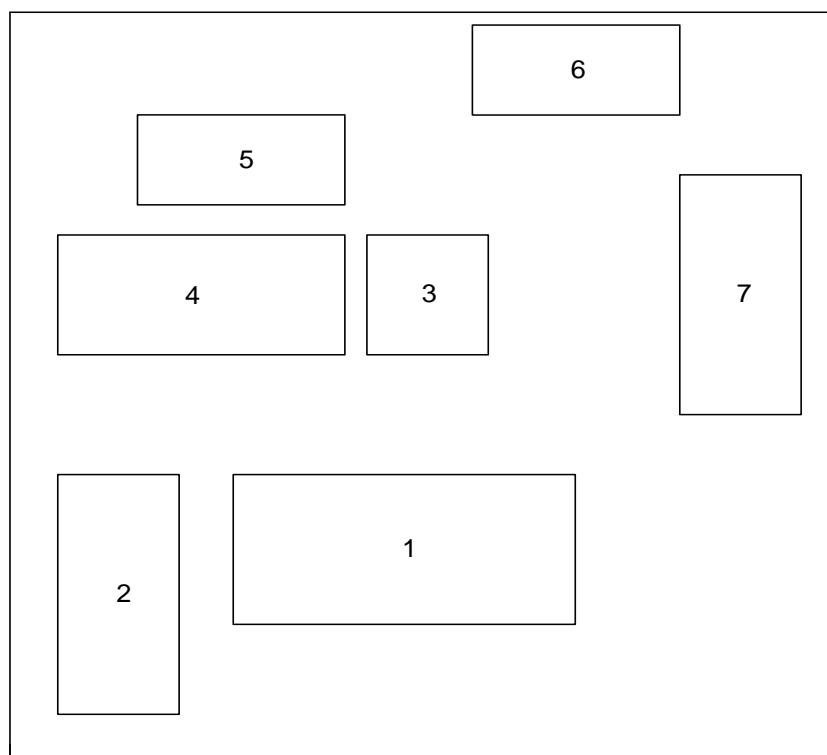
Не передбачається

#### 8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається



Додаток Б  
Вихідні дані



Вул. Данила Нечая

Рисунок 1 – Генеральний план підприємства

Таблиця 1 – Відомості про електричні навантаження підприємства

№ на плані	Назва цеху	Р <sub>н</sub> , кВт
1	Адмінкорпус	150
2	Склад	50
3	Бункера	50
4	Виробничий корпус	270
5	Майстерня	100
6	Котельня	50
7	Вагова	50

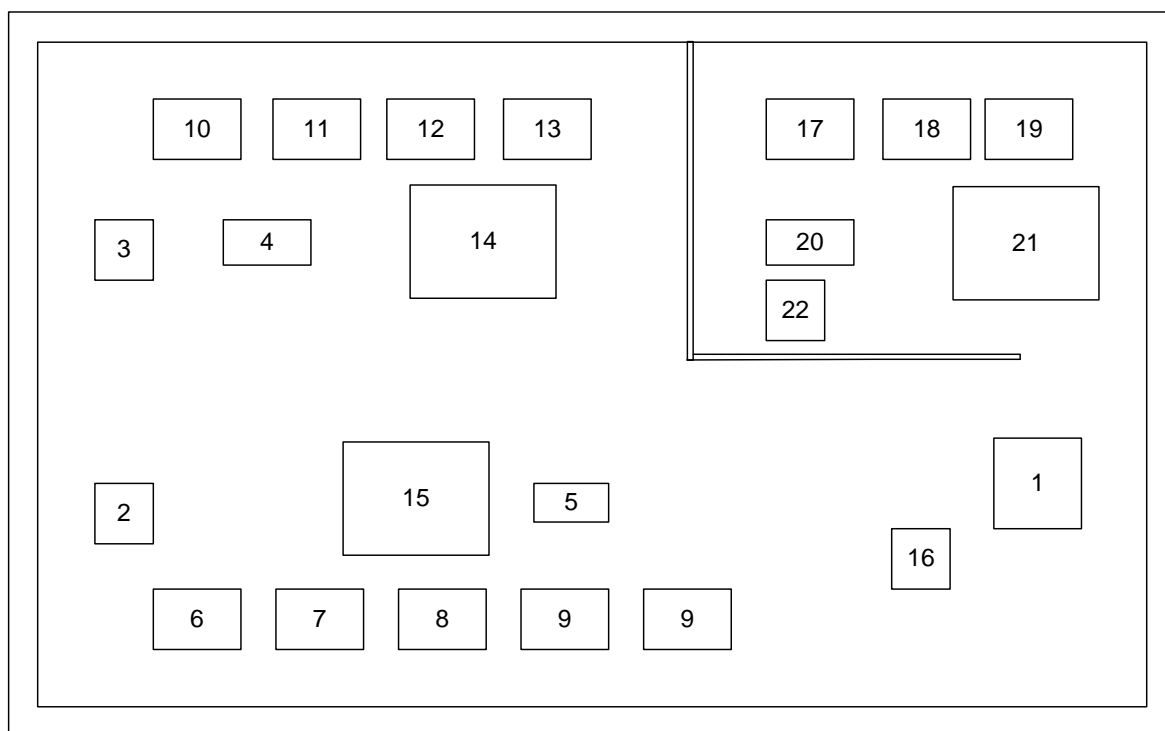


Рисунок 2 – План виробничого корпусу

Таблиця 2 – Відомості про електричне навантаження цеху

№ на плані	Ремонтно-механічний цех	Потужність споживачів цеху, кВт
1	Компресор	37
2,3	Вентилятор 1	15
16	Вентилятор 2	7,5
14,15	Розсів	5,5
6,7,8,9	Норія зернова 1	5
4,5,20	Сепаратор	1,5
10,11,12,13	Норія зернова 2	5,5
22	Вентилятор 3	7,5
17,18,19	Норія зернова 3	4
21	Розсів 2	5
19	Вентилятор	7
20	Гідравлічний прес	7

## Додаток В – Дослідження точності програми «VNTU ISD»

Програмна реалізація рівнянь [2] «VNTU ISD» містить підпрограми розрахунків параметрів води  $h_b=h(p, t)$ ,  $S_b=S(p, t)$ ,  $v_b=v(p, t)$ ,  $t_b=t(p, h_b)$  та пари. Це прямі функції  $t_s=t(p)$ ,  $p_s=p(t)$ ,  $h_n=h(p, t)$ ,  $S_n=S(p, t)$ ,  $v_n=v(p, t)$  та зворотні функції  $x$ ,  $t=x$ ,  $t(p, h_n)$ ,  $h_n=h(p, S_n)$ ,  $v_n=v(p, h_n)$ .

Результати розрахунків за прямими функціями наведені в таблицях 3.3.n. В них позначені:  $V$ - питомий об'єм  $[\text{м}^3/\text{кг}]$ ,  $h$  -ентальпія  $[\text{кДж}/\text{кг}]$ ,  $s$ - ентропія  $[\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{град})]$ .  $P$  – тиск МПа,  $t$  – температура  $^{\circ}\text{C}$ , «прогр.» – розраховані параметри, «довідн.» – параметри з довідника [25],  $\delta$  – похибка розрахунку.

Таблиця 3.3 - Дослідження параметрів водяної пари програмою «VNTU ISD»

P = 3 кПа	V, м/кг			h, кДж/кг			s, кДж/кг град		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %
t									
30	46,5722	46,58	0,016745	2556,1	2556,3	0,007824	8,614	8,6145	0,005804
40	48,1208	48,13	0,019115	2575	2575	0	8,675	8,6755	0,005763
50	49,6668	49,67	0,006443	2593,9	2593,8	0,003855	8,735	8,7345	0,005724
100	57,3801	57,38	0,000174	2688,3	2688,1	0,00744	9,006	9,0057	0,003331
150	65,0812	65,08	0,001844	2783,5	2783,3	0,007186	9,246	9,2451	0,009735
200	72,778	72,78	0,002748	2879,9	2879,6	0,010418	9,461	9,4603	0,007399
250	80,4728	80,47	0,00348	2977,7	2977,3	0,013435	9,657	9,6565	0,005178
300	88,1667	88,16	0,0076	3076,9	3076,5	0,013002	9,839	9,8375	0,015248
350	95,86	95,86	0	3177,7	3177,2	0,015737	10,007	10,006	0,009994
400	103,5529	103,55	0,002801	3280,1	3279,5	0,018295	10,165	10,164	0,009839
450	111,245	111,24	0,004495	3384,1	3383,3	0,023646	10,314	10,312	0,019395
500	118,9382	118,94	0,001513	3489,8	3488,9	0,025796	10,455	10,453	0,019133
550	126,6306	126,63	0,000474	3597,2	3596,2	0,027807	10,59	10,588	0,018889
600	134,323	134,32	0,002233	3706,3	3705,3	0,026988	10,719	10,717	0,018662
650	142,0152	142,01	0,003662	3817,2	3816	0,031447	10,842	10,84	0,01845

Таблиця 3.3.1 – Значення тиску  $P = 0,3$  МПа

P = 0,3 МПа	V, м/кг			h, кДж/кг			s, кДж/кг град		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %
140	0,617	0,617	0	2739,4	2739,6	0,0073	7,027	7,0274	0,005692
150	0,634	0,634	0	2761,2	2761,2	0	7,079	7,079	0
160	0,6508	0,6508	0	2782,6	2782,4	0,007188	7,129	7,1287	0,004208
170	0,6674	0,6674	0	2803,7	2803,4	0,010701	7,177	7,1767	0,00418
200	0,7164	0,7164	0	2865,9	2865,6	0,010469	7,313	7,3123	0,009573
220	0,7486	0,7486	0	2906,8	2906,5	0,010322	7,398	7,397	0,013519
250	0,7964	0,7964	0	2967,9	2967,5	0,013479	7,518	7,5172	0,010642
300	0,8753	0,8753	0	3069,6	3069,2	0,013033	7,704	7,7028	0,015579
320	0,9067	0,9067	0	3110,4	3110	0,012862	7,774	7,7727	0,016725
350	0,9536	0,9536	0	3172	3171,4	0,018919	7,875	7,8738	0,01524
400	1,0315	1,031	0,048497	3275,5	3274,9	0,018321	8,035	8,0335	0,018672
450	1,1092	1,109	0,018034	3380,3	3379,6	0,020713	8,185	8,1835	0,01833
500	1,1876	1,187	0,050548	3486,6	3485,8	0,02295	8,327	8,3255	0,018017
550	1,2641	1,264	0,007911	3594,5	3593,5	0,027828	8,462	8,4605	0,017729
600	1,3414	1,341	0,029828	3704	3702,9	0,029706	8,591	8,5896	0,016299
650	1,4186	1,418	0,042313	3815,3	3814	0,034085	8,715	8,7132	0,020658
700	1,4958	1,496	0,013369	3928,2	3926,7	0,0382	8,834	8,8322	0,02038
800	1,65	1,65	0	4159,3	4157,5	0,043295	9,06	9,0578	0,024288

Таблиця 3.3.2 – Значення тиску  $P = 1,5$  МПа

P = 1,5 МПа	V, м/кг			h, кДж/кг			s, кДж/кг град		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %
200	0,1325	0,1324	0,075529	2796	2795,3	0,025042	6,454	6,4522	0,027897
220	0,1406	0,1406	0	2850,2	2849,2	0,035098	6,566	6,5639	0,031993
250	0,152	0,152	0	2923,9	2923,4	0,017103	6,711	6,71	0,014903
300	0,1697	0,1697	0	3038,2	3037,9	0,009875	6,92	6,9192	0,011562
320	0,1765	0,1765	0	3082,4	3082,1	0,009734	6,996	6,9949	0,015726
350	0,1866	0,1866	0	3148	3147,6	0,012708	7,104	7,1026	0,019711
400	0,203	0,203	0	3256,5	3256,1	0,012285	7,271	7,2701	0,012379
420	0,2095	0,2095	0	3299,8	3299,3	0,015155	7,334	7,3334	0,008182
450	0,2192	0,2191	0,045641	3364,8	3364,2	0,017835	7,426	7,425	0,013468
500	0,2352	0,2351	0,042535	3473,7	3472,9	0,023036	7,572	7,5703	0,022456
520	0,2415	0,2414	0,041425	3517,5	3516,6	0,025593	7,628	7,6262	0,023603
550	0,251	0,2509	0,039857	3583,6	3582,5	0,030705	7,709	7,7078	0,015569
600	0,2668	0,2667	0,037495	3694,7	3693,5	0,03249	7,84	7,8386	0,01786
620	0,2731	0,273	0,03663	3793,5	3738,2	1,479322	7,891	7,8892	0,022816
650	0,2925	0,2824	3,576487	3807,1	3805,8	0,034158	7,966	7,9635	0,031393
750	0,3137	0,3137	0	4036,7	4034,8	0,04709	8,202	8,1991	0,03537
800	0,3293	0,3292	0,030377	4153,8	4151,8	0,048172	8,314	8,3108	0,038504

Таблиця 3.3.3 – Значення тиску  $P = 6$  МПа

P = 6 МПа	V, м/кг			h, кДж/кг			s, кДж/кг град		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %
300	0,0362	0,03616	0,110619	2885,5	2885	0,017331	6,07	6,0693	0,011533
320	0,0388	0,03876	0,103199	2953,6	2953,5	0,003386	6,187	6,1869	0,001616
350	0,0423	0,04223	0,165759	3043,9	3043,9	0	6,336	6,3356	0,006314
400	0,0474	0,04738	0,042212	3178,2	3178,6	0,012584	6,543	6,5438	0,012225
420	0,0494	0,04931	0,182519	3228,9	3229	0,003097	6,617	6,6175	0,007556
450	0,0522	0,05212	0,153492	3302,9	3302,6	0,009084	6,722	6,7214	0,008927
470	0,054	0,05394	0,111235	3351,4	3350,8	0,017906	6,788	6,7872	0,011787
500	0,0567	0,05662	0,141293	3423,1	3422,2	0,026299	6,883	6,8814	0,023251
520	0,0584	0,05837	0,051396	3470,5	3469,5	0,028823	6,943	6,9417	0,018727
550	0,061	0,06096	0,065617	3541,3	3540	0,036723	7,031	7,0291	0,02703
570	0,0627	0,06267	0,04787	3588,3	3587	0,036242	7,087	7,0855	0,02117
600	0,0653	0,06521	0,138016	3658,7	3657,2	0,041015	7,169	7,1673	0,023719
620	0,0669	0,06688	0,029904	3705,7	3703,9	0,048597	7,222	7,2202	0,02493
650	0,0694	0,06938	0,028827	3776,2	3774	0,058294	7,3	7,2974	0,035629
700	0,0735	0,07349	0,013607	3894,3	3891,5	0,071952	7,425	7,4214	0,048508
720	0,0752	0,07513	0,093172	3941,7	3938,9	0,071086	7,473	7,4696	0,045518
750	0,0776	0,07757	0,038675	4013,2	4010,3	0,072314	7,544	7,5404	0,047743
800	0,0816	0,08161	0,012253	4133,1	4130,4	0,065369	7,658	7,655	0,03919

Таблиця 3.3.4 – Значення тиску  $P = 9$  МПа

P = 9 МПа	V, м/кг			h, кДж/кг			s, кДж/кг град		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %
350	0,0258	0,02579	0,038775	2957,3	2957,5	0,006762	6,038	6,0383	0,004968
400	0,03	0,02993	0,233879	3118,8	3119,7	0,028849	6,288	6,2891	0,017491
420	0,0314	0,03139	0,031857	3176,2	3176,7	0,01574	6,372	6,3725	0,007846
450	0,0335	0,03348	0,059737	3258	3257,9	0,003069	6,487	6,4872	0,003083
470	0,0349	0,03481	0,258546	3310,6	3310,1	0,015105	6,559	6,5584	0,009149
500	0,0368	0,03675	0,136054	3387,4	3386,4	0,02953	6,66	6,6592	0,012013
520	0,038	0,038	0	3437,6	3436,6	0,029099	6,724	6,723	0,014874
550	0,0399	0,03984	0,150602	3512	3510,5	0,042729	6,816	6,8147	0,019076
570	0,0411	0,04104	0,146199	3561	3559,5	0,042141	6,875	6,8736	0,020368
600	0,0429	0,04281	0,210231	3634,1	3532,4	2,879062	6,96	6,9585	0,021556
620	0,044	0,04398	0,045475	3682,6	3680,6	0,054339	7,015	7,0131	0,027092
650	0,0458	0,04571	0,196893	3755,2	3752,6	0,069285	7,095	7,0924	0,036659
700	0,0486	0,04854	0,123609	3876,1	3872,9	0,082625	7,223	7,2193	0,051252
720	0,0497	0,04967	0,060399	3924,5	3921,2	0,084158	7,272	7,2684	0,049529
770	0,0525	0,05245	0,095329	4045,9	4042,7	0,079155	7,391	7,3878	0,043315
790	0,0536	0,05355	0,093371	4094,7	4091,6	0,075765	7,438	7,4342	0,051115
800	0,0541	0,0541	0	4119,1	4116,1	0,072885	7,461	7,4572	0,050957

Таблиця 3.3.5 – Значення тиску  $P = 9$  МПа

P = 17 МПа	V, м/кг			h, кДж/кг			s, кДж/кг град		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %
370	0,0107	0,01072	0,186567	2739,9	2742,3	0,087518	5,483	5,4867	0,067436
400	0,013	0,01303	0,230238	2917,9	2920,2	0,078762	5,754	5,7575	0,06079
420	0,0142	0,01422	0,140647	3007	3008,6	0,053181	5,884	5,887	0,05096
450	0,0158	0,01576	0,253807	3121	3121,4	0,012815	6,045	6,0463	0,021501
470	0,0167	0,01668	0,119904	3189	3188,8	0,006272	6,138	6,1382	0,003258
500	0,018	0,01797	0,166945	3283,6	3282,6	0,030464	6,263	6,262	0,015969
520	0,0188	0,01877	0,15983	3343,2	3341,8	0,041894	6,339	6,3376	0,02209
550	0,0199	0,01992	0,100402	3429	3427,2	0,052521	6,445	6,4434	0,024832
570	0,0207	0,02066	0,193611	3484,4	3482,6	0,051686	6,512	6,5099	0,032259
600	0,0218	0,02173	0,322135	3565,7	3563,6	0,058929	6,606	6,6043	0,025741
620	0,0224	0,02242	0,089206	3618,8	3616,5	0,063597	6,666	6,6641	0,028511
650	0,0235	0,02343	0,298762	3697,5	3694,4	0,083911	6,753	6,75	0,044444
700	0,0251	0,02507	0,119665	3826,6	3822,6	0,104641	6,889	6,8852	0,055191
720	0,0257	0,02571	0,038895	3877,9	3873,6	0,111008	6,941	6,9371	0,056219
750	0,0267	0,02666	0,150038	3954,4	3950,2	0,106324	7,017	7,0131	0,05561
770	0,02733	0,02729	0,146574	4005,3	4001,2	0,102469	7,067	7,0625	0,063717
790	0,0279	0,02791	0,035829	4056,2	4052,4	0,093772	7,115	7,111	0,056251
800	0,0282	0,02822	0,070872	4081,6	4077,9	0,090733	7,139	7,135	0,056062

Таблиця 3.3.6 – Значення тиску  $P = 25$  МПа

P = 25 МПа	V, м/кг			h, кДж/кг			s, кДж/кг град		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %
450	0,0092	0,009168	0,34904	2950,6	2952,1	0,050811	5,676	5,6787	0,047546
470	0,01	0,010018	0,179677	3044,6	3045	0,013136	5,804	5,8055	0,025838
500	0,0111	0,01113	0,269542	3165,9	3165	0,028436	5,964	5,9639	0,001677
520	0,0118	0,0118	0	3238,4	3237	0,04325	6,057	6,0558	0,019816
550	0,0127	0,01272	0,157233	3339,2	3337,3	0,056932	6,182	6,18	0,032362
570	0,0133	0,0133	0	3402,6	3400,5	0,061756	6,258	6,2558	0,035167
600	0,0141	0,01413	0,212314	3493,5	3491,2	0,06588	6,364	6,3616	0,037726
620	0,0147	0,01465	0,341297	3552,1	3549,5	0,07325	6,43	6,4276	0,037339
650	0,0154	0,01542	0,129702	3637,7	3634,4	0,090799	6,524	6,5211	0,044471
670	0,0159	0,01591	0,062854	3693,5	3689,7	0,102989	6,584	6,5804	0,054708
690	0,0164	0,01639	0,061013	3748,6	3744,4	0,112168	6,642	6,6377	0,064781
700	0,0166	0,01663	0,180397	3776	3771,5	0,119316	6,67	6,6657	0,064509
710	0,0169	0,01687	0,17783	3803,2	3798,6	0,121097	6,698	6,6934	0,068724
720	0,0171	0,0171	0	3830,2	3825,5	0,12286	6,725	6,7207	0,063981
770	0,0183	0,01825	0,273973	3964,2	3959,7	0,113645	6,857	6,8525	0,065669
790	0,0187	0,01869	0,053505	4017,3	4013,1	0,104657	6,907	6,9032	0,055047
800	0,0189	0,01891	0,052882	4043,8	4039,8	0,099015	6,932	6,9282	0,054848

Підпрограми розрахунків так званих “зворотніх” функцій розрахунків питомого об’єму  $V$  [ $\text{м}^3/\text{кг}$ ], ентропії  $s$  [ $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{гр})$ ], міри сухості та температури  $x, t$  [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Результати наведені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Дослідження похибок розрахунків параметрів пари “зворотними” функціями

P = 3 кПа	V=f(p,h)			s=f(p,h)			x,t=f(p,h)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	прогр	довід	$\delta, \%$	прогр	довід	$\delta, \%$	прогр	довід	$\delta, \%$
h									
2556,3	46,549	46,58	0,066552	8,613	8,6145	0,017413	30,181	30	0,603333
2575	48,087	48,13	0,089341	8,6741	8,6755	0,016137	40,152	40	0,38
2593,8	49,62	49,67	0,100664	8,7332	8,7345	0,014884	50,185	50	0,37
2688,1	57,358	57,38	0,038341	9,0044	9,0057	0,014435	100,273	100	0,273
2783,3	65,074	65,08	0,009219	9,2437	9,2451	0,015143	150,278	150	0,185333
2879,6	72,778	72,78	0,002748	9,4579	9,4603	0,025369	200,028	200	0,014
2977,3	80,487	80,47	0,021126	9,657	9,6565	0,005178	250,126	250	0,0504
3076,5	88,205	88,16	0,051044	9,839	9,8375	0,015248	300,287	300	0,095667
3177,2	95,927	95,86	0,069894	10,0043	10,006	0,01699	350,27	350	0,077143
3279,5	103,656	103,55	0,102366	10,1621	10,164	0,018693	400,299	400	0,07475
3383,3	111,378	111,24	0,124056	10,3108	10,312	0,011637	450,25	450	0,055556
3488,9	119,11	118,94	0,142929	10,451	10,453	0,019133	500,25	500	0,05
3596,2	126,839	126,63	0,165048	10,586	10,588	0,018889	550,238	550	0,043273
3705,3	134,565	134,32	0,1824	10,7148	10,717	0,020528	600,5	600	0,083333
3816	142,268	142,01	0,181677	10,8379	10,84	0,019373	650,154	650	0,023692
3928,6	149,963	149,7	0,175685	10,9566	10,959	0,0219	700,137	700	0,019571

Таблиця 3.4.1 – Значення тиску  $P = 0,3$  МПа

P = 0,3 МПа	V=f(p,h)			s=f(p,h)			x,t=f(p,h)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %
2739,6	0,608	0,617	1,458671	7,026	7,0274	0,019922	140,068	140	0,048571
2761,2	0,627	0,634	1,104101	7,077	7,079	0,028253	149,435	150	0,376667
2782,4	0,644	0,6508	1,044868	7,127	7,1287	0,023847	159,29	160	0,44375
2803,4	0,662	0,6674	0,80911	7,175	7,1767	0,023688	169,278	170	0,424706
2865,6	0,712	0,7164	0,614182	7,31	7,3123	0,031454	199,58	200	0,21
2906,5	0,745	0,7486	0,480898	7,395	7,397	0,027038	219,971	220	0,013182
2967,5	0,794	0,7964	0,301356	7,515	7,5172	0,029266	250,177	250	0,0708
3069,2	0,874	0,8753	0,148521	7,701	7,7028	0,023368	300,35	300	0,116667
3110	0,905	0,9067	0,187493	7,771	7,7727	0,021871	320,37	320	0,115625
3171,4	0,953	0,9536	0,062919	7,872	7,8738	0,022861	350,34	350	0,097143
3274,9	1,031	1,031	0	8,031	8,0335	0,03112	400,302	400	0,0755
3485,8	1,188	1,187	0,084246	8,323	8,3255	0,030028	500,34	500	0,068
3593,5	1,265	1,264	0,079114	8,458	8,4605	0,029549	550,27	550	0,049091
3702,9	1,343	1,341	0,149142	8,587	8,5896	0,030269	600,222	600	0,037
3814	1,42	1,418	0,141044	8,711	8,7132	0,025249	650,174	650	0,026769
3926,7	1,498	1,496	0,13369	8,829	8,8322	0,036231	700,08	700	0,011429
4157,5	1,651	1,65	0,060606	9,055	9,0578	0,030913	800,089	800	0,011125

Таблиця 3.4.2 – Значення тиску  $P = 1,5$  МПа

P = 1,5 МПа	V=f(p,h)			s=f(p,h)			x,t=f(p,h)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %
2795,3	0,1317	0,1324	0,528701	6,45	6,4522	0,034097	199,15	200	0,425
2849,2	0,137	0,1406	2,560455	6,562	6,5639	0,028946	218,509	220	0,677727
2923,4	0,1495	0,152	1,644737	6,709	6,71	0,014903	249,24	250	0,304
3037,9	0,168	0,1697	1,001768	6,918	6,9192	0,017343	300,31	300	0,103333
3082,1	0,1752	0,1765	0,736544	6,994	6,9949	0,012867	320,66	320	0,20625
3147,6	0,1856	0,1866	0,535906	7,101	7,1026	0,022527	350,73	350	0,208571
3256,1	0,2024	0,203	0,295567	7,269	7,2701	0,01513	400,823	400	0,20575
3299,3	0,209	0,2095	0,238663	7,332	7,3334	0,019091	420,77	420	0,183333
3364,2	0,2189	0,2191	0,091283	7,423	7,425	0,026936	450,69	450	0,153333
3472,9	0,235	0,2351	0,042535	7,568	7,5703	0,030382	500,56	500	0,112
3516,6	0,248	0,2414	2,734051	7,624	7,6262	0,028848	520,92	520	0,176923
3582,5	0,251	0,2509	0,039857	7,706	7,7078	0,023353	550,387	550	0,070364
3693,5	0,266	0,2667	0,262467	7,836	7,8386	0,033169	600,3	600	0,05
3738,2	0,2733	0,273	0,10989	7,887	7,8892	0,027886	620,23	620	0,037097
3805,8	0,2829	0,2824	0,177054	7,961	7,9635	0,031393	650,199	650	0,030615
3919,4	0,2984	0,298	0,134228	8,0815	8,0835	0,024742	700,03	700	0,004286
4034,8	0,3141	0,3137	0,12751	8,197	8,1991	0,025613	750,01	750	0,001333
4151,8	0,3294	0,3292	0,060753	8,308	8,3108	0,033691	800,05	800	0,00625



Таблиця 3.4.3 – Значення тиску  $P = 6$  МПа

P = 6 МПа	V=f(p,h)			s=f(p,h)			x,t=f(p,h)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %
2885	0,0356	0,03616	1,548673	6,07	6,0693	0,011533	299,83	300	0,056667
2953,5	0,03803	0,03876	1,883385	6,187	6,1869	0,001616	319,81	320	0,059375
3043,9	0,04158	0,04223	1,53919	6,335	6,3356	0,00947	349,91	350	0,025714
3178,6	0,0469	0,04738	1,013086	6,543	6,5438	0,012225	400,47	400	0,1175
3229	0,0489	0,04931	0,831474	6,616	6,6175	0,022667	420,53	420	0,12619
3302,6	0,0518	0,05212	0,613968	6,7205	6,7214	0,01339	450,51	450	0,113333
3350,8	0,0537	0,05394	0,444939	6,786	6,7872	0,01768	470,48	470	0,102128
3422,2	0,0564	0,05662	0,388555	6,881	6,8814	0,005813	500,4	500	0,08
3469,5	0,0582	0,05837	0,291246	6,9407	6,9417	0,014406	520,36	520	0,069231
3540	0,0608	0,06096	0,262467	7,028	7,0291	0,015649	550,34	550	0,30182
3587	0,0626	0,06267	0,111696	7,084	7,0855	0,02117	570,31	570	0,054386
3657,2	0,0651	0,06521	0,168686	7,165	7,1673	0,03209	600,15	600	0,025
3703,9	0,0668	0,06688	0,119617	7,218	7,2202	0,03047	620,007	620	0,001129
3774	0,0693	0,06938	0,115307	7,295	7,2974	0,032888	649,366	650	0,097538
3891,5	0,0735	0,07349	0,013607	7,42	7,4214	0,018864	699,747	700	0,036143
3938,9	0,0751	0,07513	0,039931	7,468	7,4696	0,02142	719,76	720	0,033333
4010,3	0,0775	0,07757	0,090241	7,539	7,5404	0,018567	749,81	750	0,025333

Таблиця 3.4.4 – Значення тиску  $P = 9$  МПа

P = 9 МПа	V=f(p,h)			s=f(p,h)			x,t=f(p,h)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %
2957,5	0,026	0,02579	0,814269	6,039	6,0383	0,011593	350,22	350	0,062857
3119,7	0,0298	0,02993	0,434347	6,289	6,2891	0,00159	400,11	400	0,0275
3176,7	0,0312	0,03139	0,605288	6,372	6,3725	0,007846	420,057	420	0,013571
3257,9	0,0333	0,03348	0,537634	6,4867	6,4872	0,007707	449,98	450	0,004444
3310,1	0,0347	0,03481	0,316001	6,557	6,5584	0,021347	469,95	470	0,010638
3386,4	0,0366	0,03675	0,408163	6,6583	6,6592	0,013515	499,89	500	0,022
3436,6	0,0379	0,038	0,263158	6,7224	6,723	0,008925	519,95	520	0,009615
3510,5	0,0397	0,03984	0,351406	6,814	6,8147	0,010272	549,94	550	0,010909
3559,5	0,041	0,04104	0,097466	6,8726	6,8736	0,014548	569,93	570	0,012281
3532,4	0,0403	0,04281	5,863116	6,8403	6,9585	1,698642	558,84	600	6,86
3680,6	0,0439	0,04398	0,181901	7,0117	7,0131	0,019963	619,63	620	0,059677
3752,6	0,0456	0,04571	0,240648	7,0914	7,0924	0,0141	649,59	650	0,063077
3872,9	0,0485	0,04854	0,082406	7,2183	7,2193	0,013852	699,46	700	0,077143
3921,2	0,0496	0,04967	0,14093	7,2675	7,2684	0,012382	719,47	720	0,073611
3994	0,0513	0,05134	0,077912	7,3397	7,3406	0,012261	749,57	750	0,057333
4042,7	0,0524	0,05245	0,095329	7,3869	7,3878	0,012182	769,67	770	0,042857
4091,6	0,0535	0,05355	0,093371	7,4333	7,4342	0,012106	789,8	790	0,025316

Таблиця 3.4.5 – Значення тиску  $P = 17$  МПа

P = 17 МПа	V=f(p,h)			s=f(p,h)			x,t=f(p,h)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %
2742,3	0,011	0,01072	2,61194	5,4849	5,4867	0,032807	370,14	370	0,037838
2920,2	0,0133	0,01303	2,072141	5,759	5,7575	0,026053	400,9	400	0,225
3008,6	0,0144	0,01422	1,265823	5,888	5,887	0,016987	420,29	420	0,069048
3121,4	0,0153	0,01576	2,918782	6,048	6,0463	0,028116	449,36	450	0,142222
3188,8	0,0171	0,01668	2,517986	6,1401	6,1382	0,030954	469,03	470	0,206383
3282,6	0,0182	0,01797	1,279911	6,263	6,262	0,015969	498,6	500	0,28
3341,8	0,0189	0,01877	0,692595	6,338	6,3376	0,006312	518,44	520	0,3
3427,2	0,02	0,01992	0,401606	6,443	6,4434	0,006208	548,41	550	0,289091
3482,6	0,0207	0,02066	0,193611	6,51	6,5099	0,001536	568,51	570	0,261404
3563,6	0,0218	0,02173	0,322135	6,604	6,6043	0,004542	598,62	600	0,23
3616,5	0,02249	0,02242	0,312221	6,664	6,6641	0,001501	618,65	620	0,217742
3694,4	0,02348	0,02343	0,213402	6,749	6,75	0,014815	648,55	650	0,223077
3822,6	0,025	0,02507	0,279218	6,885	6,8852	0,002905	698,48	700	0,217143
3873,6	0,0257	0,02571	0,038895	6,937	6,9371	0,001442	718,53	720	0,204167
3950,2	0,02667	0,02666	0,037509	7,013	7,0131	0,001426	748,75	750	0,166667
4001,2	0,0272	0,02729	0,329791	7,062	7,0625	0,00708	768,92	770	0,14026
4052,4	0,02791	0,02791	0	7,111	7,111	0	789,2	790	0,101266
4077,9	0,02821	0,02822	0,035436	7,135	7,135	0	799,31	800	0,08625

Таблиця 3.4.6 – Значення тиску  $P = 25$  МПа

P = 25 МПа	V=f(p,h)			s=f(p,h)			x,t=f(p,h)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %
2952,1	0,00904	0,009168	1,396161	5,674	5,6787	0,082765	450,15	450	0,033333
3045	0,0101	0,010018	0,818527	5,804	5,8055	0,025838	469,3	470	0,148936
3165	0,0112	0,01113	0,628931	5,965	5,9639	0,018444	498,3	500	0,34
3237	0,01181	0,0118	0,084746	6,058	6,0558	0,036329	517,84	520	0,415385
3337,3	0,01239	0,01272	2,59434	6,1823	6,18	0,037217	547,45	550	0,463636
3400,5	0,013	0,0133	2,255639	6,258	6,2558	0,035167	567,51	570	0,436842
3491,2	0,0144	0,01413	1,910828	6,363	6,3616	0,022007	597,47	600	0,421667
3549,5	0,0148	0,01465	1,023891	6,429	6,4276	0,021781	617,49	620	0,404839
3634,4	0,01559	0,01542	1,102464	6,522	6,5211	0,013801	647,47	650	0,389231
3689,7	0,01605	0,01591	0,87995	6,581	6,5804	0,009118	667,44	670	0,38209
3744,4	0,0165	0,01639	0,671141	6,639	6,6377	0,019585	687,46	690	0,368116
3771,5	0,01673	0,01663	0,601323	6,667	6,6657	0,019503	697,46	700	0,362857
3798,6	0,01695	0,01687	0,474215	6,694	6,6934	0,008964	707,52	710	0,349296
3825,5	0,01718	0,0171	0,467836	6,721	6,7207	0,004464	717,55	720	0,340278
3906,1	0,0178	0,01779	0,056211	6,801	6,8007	0,004411	747,84	750	0,288
3959,7	0,01829	0,01825	0,219178	6,853	6,8525	0,007297	768,14	770	0,241558
4013,1	0,01872	0,01869	0,160514	6,9044	6,9032	0,017383	788,47	790	0,193671

За зворотніми функціями максимальна похибка розрахунків питомого об'єму складає 2,9 %, ентропії – 0,037 %, температури – 0,67%.

Дослідження похибок розрахунків теплофізичних властивостей водяної пари програмою «VNTU ISD». Для цього визначимо значення коефіцієнта кінематичної в'язкості  $\nu$  [м<sup>2</sup>/с], теплоємності  $C$  [кДж/кг·град], теплопровідності  $\lambda$  [мВт/(м·град)], числа Прандтля  $Pr$ .

Результати заносимо в табл. 3.5. Отримані значення порівнюються з довідниковими даними [6].

Таблиця 3.5 - Дослідження похибок розрахунків теплофізичних властивостей водяної пари в програмі «VNTU ISD»

P = 1 МПа  t	h	c=f(p,t)			v=f(p,t,h)		
		1	2	3	1	2	3
		прогр	довід	$\delta$ , %	прогр	довід	$\delta$ , %
<b>180</b>	<b>2777,85</b>	<b>2,361</b>	<b>2,613</b>	<b>9,644087</b>	15,15	15,07	0,530856
<b>200</b>	<b>2830,83</b>	<b>2,3</b>	<b>2,433</b>	<b>5,466502</b>	15,95	15,93	0,125549
230	2899,54	2,233	2,275	1,846154	17,17	17,21	0,232423
250	2943,26	2,201	2,215	0,632054	17,99	18,07	0,442723
300	3050,37	2,152	2,141	0,513779	20,06	20,19	0,643883
330	3114,06	2,137	2,123	0,659444	21,32	21,47	0,698649
350	3156,46	2,132	2,125	0,329412	22,17	22,31	0,627521
400	3262,64	2,1308	2,126	0,225776	24,31	24,42	0,45045
450	3369,45	2,14	2,141	0,046707	26,49	26,51	0,075443
500	3477,25	2,158	2,164	0,277264	28,7	28,58	0,419874
560	3608,24	2,186	2,197	0,500683	31,39	30,99	1,290739
600	3696,67	2,207	2,219	0,540784	33,2	32,6	1,840491
660	3831,13	2,242	2,256	0,620567	35,96	35,02	2,68418
700	3922,02	2,267	2,283	0,700832	37,81	36,59	3,334244
760	4060,26	2,306	2,324	0,774527	40,63	38,9	4,447301
800	4153,72	2,333	2,352	0,807823	<b>42,52</b>	<b>40,41</b>	<b>5,22148</b>

Таблиця 3.5.1 – Значення тиску  $P = 3$  МПа

P = 3 МПа	h	c=f(p,t)			v=f(p,t,h)		
		1	2	3	1	2	3
		прогр	довід	$\delta, \%$	прогр	довід	$\delta, \%$
<b>240</b>	<b>2827,25</b>	<b>2,828</b>	<b>3,336</b>	<b>15,22782</b>	17,77	17,28	2,835648
300	2994,84	2,553	2,548	0,196232	20,2	20,01	0,949525
330	3067,64	2,468	2,441	1,106104	21,45	21,34	0,515464
350	3114,71	2,424	2,36	2,711864	22,29	22,22	0,315032
400	3229,61	2,348	2,273	3,299604	24,42	24,28	0,576606
430	3297,52	2,319	2,251	3,02088	25,71	25,67	0,155824
450	3342,59	2,306	2,244	2,762923	26,58	26,51	0,264051
500	3454,99	2,286	2,24	2,053571	28,78	28,61	0,594198
540	3522,47	2,281	2,248	1,467972	30,57	30,27	0,99108
560	3590,12	2,282	2,255	1,197339	31,46	31,05	1,320451
600	3680,72	2,288	2,263	1,104728	33,27	32,67	1,836547
640	3771,91	2,298	2,279	0,833699	35,1	34,32	2,272727
660	3817,76	2,305	2,288	0,743007	36,02	35,11	2,591854
700	3910,03	2,32	2,314	0,259291	37,87	36,68	3,244275
760	4049,96	2,348	2,352	0,170068	40,68	39	4,307692
800	4144,33	2,369	2,376	0,294613	42,57	40,52	5,05923

Таблиця 3.5.2 – Значення тиску  $P = 9$  МПа

P = 9 МПа	h	c=f(p,t)			v=f(p,t)		
		1	2	3	1	2	3
		прогр	довід	$\delta, \%$	прогр	довід	$\delta, \%$
<b>310</b>	<b>2779,72</b>	<b>3,64</b>	<b>5,59</b>	<b>34,88372</b>	<b>21,63</b>	<b>20,23</b>	<b>6,920415</b>
<b>350</b>	<b>2956,68</b>	<b>3,299</b>	<b>3,662</b>	<b>9,912616</b>	23,07	22,14	4,200542
400	3119,36	2,999	2,926	2,494874	25,05	24,44	2,495908
430	3204,16	2,871	2,727	5,280528	26,28	25,79	1,899961
450	3257,93	2,801	2,643	5,978055	27,12	26,67	1,687289
500	3386,6	2,67	2,515	6,163022	29,24	28,84	1,386963
540	3486,21	2,598	2,462	5,523964	30,98	30,53	1,47396
560	3535,31	2,57	2,451	4,855161	31,86	31,32	1,724138
600	3632,69	2,529	2,417	4,633844	33,64	32,98	2,001213
640	3729,44	2,501	2,401	4,164931	35,43	34,64	2,2806
660	3777,7	2,492	2,401	3,790087	36,34	35,44	2,539503
700	3874,19	2,48	2,412	2,819237	38,17	36,59	4,31812
740	3970,8	2,475	2,428	1,93575	40,02	38,58	3,732504
760	4019,24	2,475	2,436	1,600985	40,95	39,35	4,066074
780	4067,76	2,476	2,444	1,309329	41,89	40,11	4,437796
800	4116,39	2,479	2,452	1,101142	42,82	40,87	4,771226

Таблиця 3.5.3 – Значення тиску  $P = 15$  МПа

P = 15 МПа	h	c=f(p,t)			v=f(p,t)		
		1	2	3	1	2	3
		прогр	довід	$\delta, \%$	прогр	довід	$\delta, \%$
<b>350</b>	<b>2699,77</b>	<b>4,174</b>	<b>8,86</b>	<b>52,88939</b>	<b>25,34</b>	<b>22,9</b>	<b>10,65502</b>
<b>400</b>	<b>2974,85</b>	<b>3,651</b>	<b>4,155</b>	<b>12,12996</b>	<b>26,23</b>	<b>24,91</b>	<b>5,299077</b>
430	3091,92	3,422	3,491	1,976511	27,19	26,22	3,699466
450	3160,4	3,297	3,29	0,212766	27,97	27,1	3,210332
500	3313,21	3,054	2,875	6,226087	29,97	29,26	2,426521
540	3424,91	2,914	2,726	6,896552	31,62	30,96	2,131783
560	3478,75	2,859	2,683	6,559821	32,46	31,75	2,23622
600	3583,84	2,77	2,598	6,620477	34,18	33,41	2,304699
640	3686,64	2,704	2,542	6,372935	35,93	35,07	2,452238
660	3737,47	2,679	2,528	5,973101	36,82	35,87	2,648453
700	3838,4	2,639	2,518	4,805401	38,61	37,45	3,097463
740	3938,72	2,612	2,521	3,609679	40,43	39,01	3,640092
760	3988,76	2,602	2,523	3,131193	41,34	39,77	3,947699
780	4038,77	2,594	2,527	2,651365	42,27	40,53	4,293116
800	4088,77	2,589	2,531	2,291584	43,22	41,28	4,699612

Таблиця 3.5.4 – Значення тиску  $P = 20$  МПа

P = 20 МПа	h	c=f(p,t)			v=f(p,t)		
		1	2	3	1	2	3
		прогр	довід	$\delta, \%$	прогр	довід	$\delta, \%$
<b>370</b>	<b>2589,61</b>	<b>4,586</b>	<b>18,38</b>	<b>75,04897</b>	-	26,11	-
<b>400</b>	<b>2815,09</b>	<b>4,194</b>	<b>6,33</b>	<b>33,74408</b>	<b>28,07</b>	<b>25,96</b>	<b>8,127889</b>
<b>430</b>	<b>2976,43</b>	<b>3,882</b>	<b>4,52</b>	<b>14,11504</b>	<b>28,57</b>	<b>26,98</b>	<b>5,893254</b>
<b>450</b>	<b>3064,02</b>	<b>3,71</b>	<b>3,959</b>	<b>6,289467</b>	29,11	27,77	4,825351
500	3245,81	3,373	3,257	3,56156	30,89	29,82	3,588196
540	3370,7	3,178	2,989	6,323185	32,3	31,47	2,637432
560	3429,38	3,099	2,906	6,641432	33,1	32,25	2,635659
600	3542	2,971	2,77	7,256318	34,75	33,88	2,567887
640	3650,43	2,874	2,675	7,439252	36,45	35,52	2,618243
660	3730,59	2,835	2,644	7,223903	37,29	36,32	2,670705
700	3808,47	2,772	2,613	6,08496	39,07	37,88	3,141499
740	3912,03	2,726	2,602	4,765565	40,85	39,42	3,6276
760	3963,48	2,708	2,599	4,193921	41,75	40,18	3,907417
780	4014,77	2,692	2,598	3,618168	42,66	40,93	4,226729
800	4065,95	2,68	2,598	3,156274	43,19	41,68	3,622841

Таблиця 3.5.5 – Значення тиску  $P = 1$  МПа

P = 1 МПа	h	$\lambda=f(p,t)$			Pr=f(p,t,h)		
		1	2	3	1	2	3
		прогр	довід	$\delta, \%$	прогр	довід	$\delta, \%$
<b>180</b>	<b>2777,85</b>	<b>32,1</b>	<b>36,4</b>	<b>11,81319</b>	1,116	1,08	3,333333
<b>200</b>	<b>2830,83</b>	<b>34,13</b>	<b>37,2</b>	<b>8,252688</b>	1,08	1,04	3,846154
230	2899,54	37,25	39	4,487179	1,04	1	4
250	2943,26	39,38	40,5	2,765432	1,019	0,988	3,137652
300	3050,37	44,86	45	0,311111	0,979	0,962	1,767152
330	3114,06	48,26	48	0,541667	0,962	0,951	1,156677
350	3156,46	50,57	50,1	0,938124	0,952	0,946	0,634249
400	3262,64	56,49	55,6	1,600719	0,932	0,934	0,214133
450	3369,45	62,61	61,5	1,804878	0,916	0,924	0,865801
500	3477,25	68,92	67,6	1,952663	0,904	0,915	1,202186
560	3608,24	76,75	75,2	2,06117	0,892	0,905	1,436464
600	3696,67	82,11	80,4	2,126866	0,886	0,901	1,664817
660	3831,13	90,36	88,4	2,217195	0,878	0,894	1,789709
700	3922,02	96	93,9	2,236422	0,873	0,89	1,910112
760	4060,26	104,65	102,2	2,39726	0,867	0,885	2,033898
800	4153,72	110,54	107,8	2,541744	0,864	0,882	2,040816

Таблиця 3.5.6 – Значення тиску  $P = 3$  МПа

P = 3 МПа	h	$\lambda=f(p,t)$			Pr=f(p,t,h)		
		1	2	3	1	2	3
		прогр	довід	$\delta, \%$	прогр	довід	$\delta, \%$
<b>240</b>	<b>2827,25</b>	<b>39,89</b>	<b>47,1</b>	<b>15,30786</b>	<b>1,282</b>	<b>1,22</b>	<b>5,081967</b>
<b>300</b>	<b>2994,84</b>	<b>46,36</b>	<b>48,9</b>	<b>5,194274</b>	<b>1,105</b>	<b>1,04</b>	<b>6,25</b>
330	3067,64	49,72	51,1	2,700587	1,058	1	5,8
350	3114,71	52,01	52,8	1,496212	1,034	0,993	4,128902
400	3229,61	57,87	57,9	0,051813	0,989	0,961	2,913632
430	3297,52	61,49	60,9	0,968801	0,97	0,949	2,212856
450	3342,59	63,95	63,4	0,867508	0,959	0,942	1,804671
500	3454,99	70,22	69,3	1,327561	0,937	0,928	0,969828
540	3522,47	75,39	74,1	1,740891	0,923	0,918	0,544662
560	3590,12	78	76,6	1,827676	0,918	0,914	0,437637
600	3680,72	83,33	81,8	1,870416	0,907	0,906	0,110375
640	3771,91	88,77	87	2,034483	0,899	0,899	0
660	3817,76	91,53	89,7	2,040134	0,895	0,896	0,111607
700	3910,03	97,14	95,1	2,14511	0,888	0,893	0,55991
760	4049,96	105,76	103,2	2,48062	0,88	0,889	1,012373
800	4144,33	111,63	108,8	2,601103	0,875	0,885	1,129944

Таблиця 3.5.7 – Значення тиску  $P = 9$  МПа

P = 9 МПа	h	$\lambda=f(p,t)$			Pr=f(p,t,h)		
		1	2	3	1	2	3
		прогр	довід	$\delta, \%$	прогр	довід	$\delta, \%$
<b>310</b>	<b>2779,72</b>	<b>54,14</b>	<b>69,4</b>	<b>21,98847</b>	<b>1,474</b>	<b>1,63</b>	<b>9,570552</b>
<b>350</b>	<b>2956,68</b>	<b>58,21</b>	<b>65</b>	<b>10,44615</b>	1,238	1,25	0,96
400	3119,36	63,71	66	3,469697	1,104	1,08	2,222222
430	3204,16	67,16	68	1,235294	1,057	1,03	2,621359
450	3257,93	69,52	69,7	0,25825	1,033	1,01	2,277228
500	3386,6	75,56	74,5	1,422819	0,989	0,973	1,644399
540	3486,21	80,55	79	1,962025	0,964	0,952	1,260504
560	3535,31	83,1	81,4	2,088452	0,954	0,943	1,16649
600	3632,69	88,29	86,3	2,30591	0,937	0,925	1,297297
640	3729,44	93,6	91,4	2,407002	0,923	0,91	1,428571
660	3777,7	96,29	94	2,43617	0,917	0,905	1,325967
700	3874,19	101,78	99,2	2,600806	0,907	0,901	0,665927
740	3970,8	107,38	104,5	2,755981	0,899	0,896	0,334821
760	4019,24	110,22	107,1	2,913165	0,895	0,895	0
780	4067,76	113,08	109,8	2,98725	0,891	0,893	0,223964
800	4116,39	115,98	112,5	3,093333	0,888	0,891	0,3367

Таблиця 3.5.8 – Значення тиску  $P = 15$  МПа

P = 15 МПа	h	$\lambda=f(p,t)$			Pr=f(p,t,h)		
		1	2	3	1	2	3
		прогр	довід	$\delta, \%$	прогр	довід	$\delta, \%$
<b>350</b>	<b>2699,77</b>	<b>67,47</b>	<b>100,8</b>	<b>33,06548</b>	<b>1,396</b>	<b>2,01</b>	<b>30,54726</b>
<b>400</b>	<b>2974,85</b>	<b>71,65</b>	<b>80,7</b>	<b>11,21437</b>	<b>1,17</b>	<b>1,28</b>	<b>8,59375</b>
<b>430</b>	<b>3091,92</b>	<b>74,67</b>	<b>79</b>	<b>5,481013</b>	1,105	1,16	4,741379
450	3160,4	76,8	79,2	3,030303	1,071	1,11	3,513514
500	3313,21	82,41	81,9	0,622711	1,013	1,03	1,650485
540	3424,91	87,12	85,4	2,014052	0,982	0,989	0,707786
560	3478,75	89,55	87,5	2,342857	0,97	0,974	0,410678
600	3583,84	94,51	91,9	2,840044	0,949	0,945	0,42328
640	3686,64	99,61	96,7	3,009307	0,933	0,922	1,193059
660	3737,47	102,21	99,2	3,034274	0,926	0,914	1,31291
700	3838,4	107,52	104,2	3,18618	0,915	0,905	1,104972
740	3938,72	112,95	109,3	3,339433	0,905	0,9	0,555556
760	3988,76	115,71	111,8	3,497317	0,901	0,897	0,445931
780	4038,77	118,5	114,4	3,583916	0,897	0,895	0,223464
800	4088,77	121,32	116,9	3,781009	0,893	0,894	0,111857

Таблиця 3.5.9 – Значення тиску  $P = 3$  кПа

P = 3 кПа  t	h	$\lambda=f(p,t)$			Pr=f(p,t,h)		
		1	2	3	1	2	3
		прогр	довід	$\delta, \%$	прогр	довід	$\delta, \%$
<b>370</b>	<b>2589,61</b>	<b>79,33</b>	<b>164,8</b>	<b>51,86286</b>	<b>1,349</b>	<b>2,91</b>	<b>53,64261</b>
<b>400</b>	<b>2815,09</b>	<b>80,36</b>	<b>105,4</b>	<b>23,75712</b>	<b>1,213</b>	<b>1,56</b>	<b>22,24359</b>
<b>430</b>	<b>2976,43</b>	<b>82,5</b>	<b>94</b>	<b>12,23404</b>	<b>1,13</b>	<b>1,3</b>	<b>13,07692</b>
<b>450</b>	<b>3064,02</b>	<b>84,23</b>	<b>91</b>	<b>7,43956</b>	<b>1,092</b>	<b>1,21</b>	<b>9,752066</b>
500	3245,81	89,17	89,9	0,812013	1,026	1,08	5
540	3370,7	93,52	92	1,652174	0,991	1,02	2,843137
560	3429,38	95,79	93,7	2,230523	0,977	1	2,3
600	3542	100,48	97,6	2,95082	0,955	0,962	0,727651
640	3650,43	105,35	102	3,284314	0,938	0,932	0,643777
660	3730,59	107,71	104,4	3,170498	0,931	0,92	1,195652
700	3808,47	112,96	109,1	3,538038	0,918	0,906	1,324503
740	3912,03	118,21	114	3,692982	0,908	0,9	0,888889
760	3963,48	120,89	116,4	3,857388	0,903	0,897	0,668896
780	4014,77	123,6	118,8	4,040404	0,899	0,895	0,446927
800	4065,95	126,34	121,2	4,240924	0,895	0,893	0,223964



## Додаток Г – Дослідження точності програми «THERMOPHYS»

В таблицях позначені:  $t$ , °C – температура;  $P$ , МПа – тиск;  $h_{\text{прог}}$ , кДж/кг – розрахована ентальпія;  $h_{\text{довг}}$ , кДж/кг – ентальпія з довідника;  $\delta$ , % - похибка розрахунку,  $s_{\text{прог}}$ , кДж/кг·град – розрахована ентропія,  $s_{\text{довг}}$ , кДж/кг·град – ентропія з довідника. Отримані значення порівнюються з довідниковими даними.

Таблиця 3.6 – Похибка розрахунку ентальпії  $h$  фреону R134a

$t$	$P$	$h_{\text{прог}}$	$h_{\text{довг}}$	$ h_{\text{прог}} - h_{\text{довг}} $	$\delta$
-30	0,084	380,6	380,31	0,29	0,076
-10	0,2	392,8	392,66	0,14	0,035
0	0,29	398,8	398,6	0,2	0,050
16	0,5	407,8	407,61	0,19	0,046
40	1,016	419,4	419,42	0,02	0,004
66	1,93	428,0	428,01	0,01	0,002

Таблиця 3.7 – Дослідження точності ентропії  $s$  робочого тіла фреон R134a в програмі «THERMOPHYS»

$t$	$P$	$s_{\text{прог}}$	$s_{\text{довг}}$	$ s_{\text{прог}} - s_{\text{довг}} $	$\delta$
-30	0,084	1,753	1,753	0	0
-10	0,2	1,734	1,733	0,001	0,057
0	0,29	1,729	1,727	0,002	0,115
16	0,5	1,721	1,719	0,002	0,115
40	1,016	1,711	1,711	0	0
66	1,93	1,699	1,698	0,001	0,058

Таблиця 3.8 – Дослідження точності ентальпії  $h$  робочого тіла фреон R21 в програмі «THERMOPHYS»

t	P	$h_{\text{прог}}$	$h_{\text{дов}}$	$ h_{\text{прог}} - h_{\text{дов}} $	$\delta$
<b>363,15</b>	<b>0,281</b>	<b>500,4</b>	<b>537</b>	<b>36,6</b>	<b>6,81</b>
<b>383,15</b>	<b>0,6</b>	<b>509,9</b>	<b>546</b>	<b>36,1</b>	<b>6,61</b>
<b>393,15</b>	<b>0,9</b>	<b>513,1</b>	<b>549,1</b>	<b>36</b>	<b>6,55</b>
403,15	1,5	512,2	518,2	6	1,15
<b>413,15</b>	<b>2,5</b>	<b>504</b>	<b>540</b>	<b>36</b>	<b>6,66</b>
<b>433,15</b>	<b>4</b>	<b>392,4</b>	<b>429,2</b>	<b>36,8</b>	<b>8,57</b>

Таблиця 3.9 – Дослідження точності ентропії  $s$  робочого тіла фреон R21 в програмі «THERMOPHYS»

t	P	$S_{\text{прог}}$	$S_{\text{дов}}$	$ S_{\text{прог}} - S_{\text{дов}} $	$\delta$
<b>363,15</b>	<b>0,281</b>	<b>1,94</b>	<b>2,9</b>	<b>0,96</b>	<b>33,1</b>
<b>383,15</b>	<b>0,6</b>	<b>1,908</b>	<b>2,8</b>	<b>0,89</b>	<b>31,85</b>
<b>393,15</b>	<b>0,9</b>	<b>1,88</b>	<b>2,83</b>	<b>0,95</b>	<b>33,56</b>
<b>403,15</b>	<b>1,5</b>	<b>1,848</b>	<b>2,8</b>	<b>0,95</b>	<b>34</b>
<b>413,15</b>	<b>2,5</b>	<b>1,79</b>	<b>2,73</b>	<b>0,94</b>	<b>34,43</b>
<b>433,15</b>	<b>4</b>	<b>1,515</b>	<b>2,45</b>	<b>0,93</b>	<b>38,1</b>

Таблиця 3.10 – Дослідження точності ентальпії  $h$  робочого тіла фреон R12 в програмі «THERMOPHYS»

t	P	$h_{\text{прог}}$	$h_{\text{дов}}$	$ h_{\text{прог}} - h_{\text{дов}} $	$\delta$
267,15	0,2519	194,4	194,4	0	0
269,15	0,2697	196,2	196,2	0	0
271,15	0,2885	198,1	198,1	0	0
273,15	0,3083	200	200	0	0
275,15	0,3291	201,8	201,9	0,1	0,0495
277,15	0,3509	203,7	203,8	0,1	0,0490

Таблиця 3.11 – Дослідження точності ентропії с робочого тіла фреон R12 в програмі «THERMOPHYS»

t	P	S <sub>прог</sub>	S <sub>дов</sub>	S <sub>прог</sub> - S <sub>дов</sub>	δ
267,15	0,2519	0,980	0,979 (+3)	0,001	-0,10215
269,15	0,2697	0,987	0,986	0,001	-0,10142
271,15	0,2885	0,992	0,993	-0,001	0,100705
273,15	0,3083	1,000	1	0	0
275,15	0,3291	1,007	1,007	0	0
277,15	0,3509	1,014	1,014	0	0

Додаток Д  
Ілюстративні матеріали

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки

# Стимулювання споживачів ТОВ «Вінниця- млин» до енергозбереження

Керівник: д.т.н., проф. Бурбело М. Й.  
Доповідач: ст. гр. ЕМ-18м Попсуй Л. В.

**Об'єктом дослідження** є процес стимулювання ТОВ «Вінниця-млин» до енергозбереження.

**Предмет дослідження** – розробка ефективної моделі стимулювання ТОВ «Вінниця-млин» до енергозбереження.

**Методи дослідження.** Проведені дослідження базуються на фундаментальних положеннях електротехніки, теплоенергетики, математичного аналізу.

Використані програмні продукти: MS Excel, Mathcad, ThermoPhys, VNTU ISD.

**Наукова новизна** – дослідження полягає в розробці оптимальної моделі стимулювання промислових підприємств до енергозбереження.

**Актуальність теми.** В магістерській кваліфікаційній роботі досліджується питання стимулювання підприємства ТОВ «Вінниця-млин» до енергозбереження. Проблема енергозбереження та ефективного використання енергоресурсів є складною і відповідальною задачею для сучасних промислових підприємств. Вона потребує значних економічних і технологічних затрат при розробці та впровадженні енергоефективних проектних рішень. Тому значна частина промислових підприємств не зосереджує достатньо зусиль на даній проблемі. В зв'язку з цим велике значення має питання правильного вибору стратегії стимулювання промислових підприємств до енергозбереження.

**Практичне значення одержаних результатів.** Застосування розроблених заходів у роботі дозволяє:

- підвищити мотивацію промислових підприємств до енергозбереження шляхом застосування оптимальної моделі стимулювання;
- збільшити ефективність енергоспоживання промисловим підприємством;
- забезпечити зниження втрат та витрат енергоресурсів підприємством.

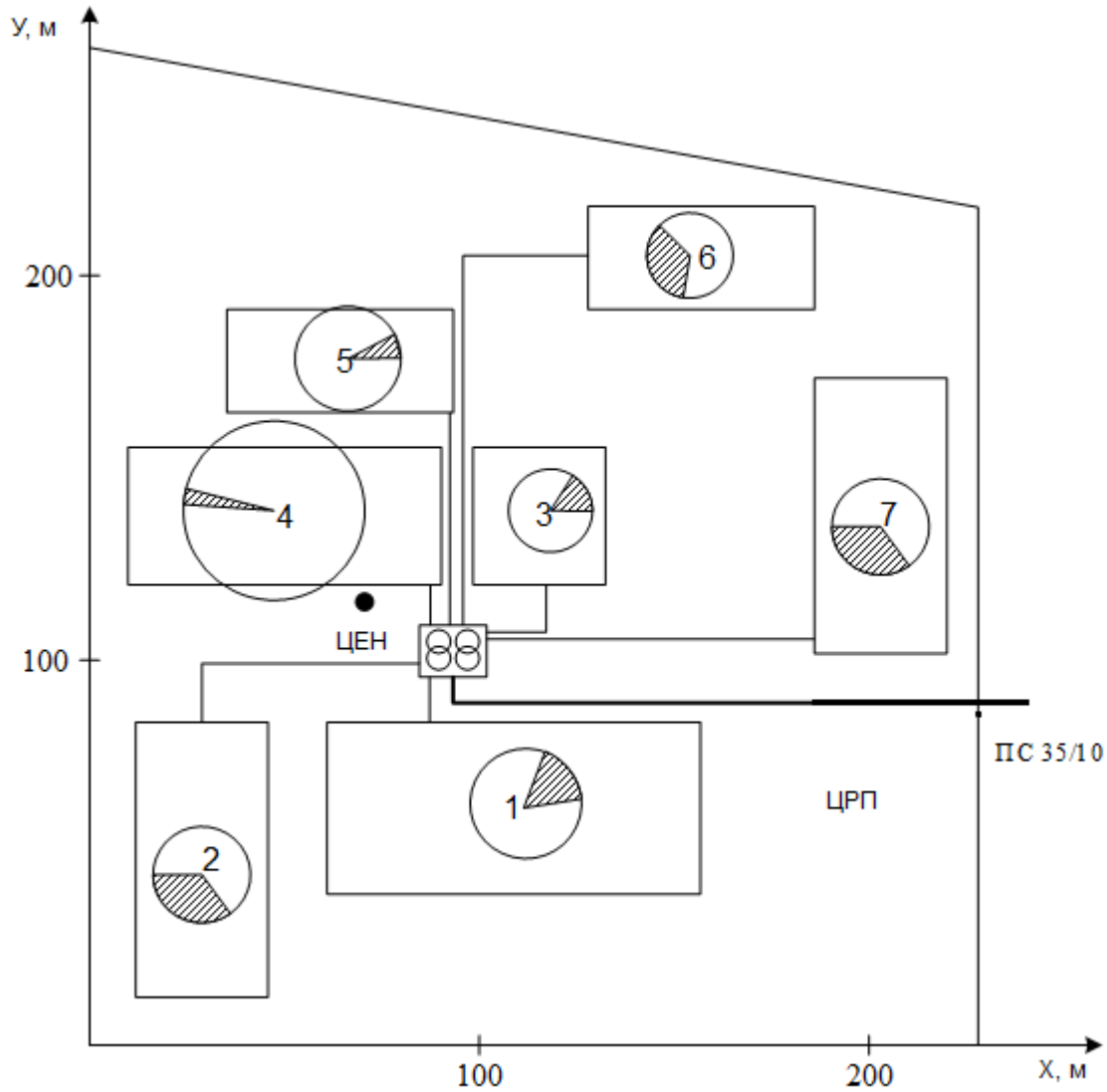
**Мета і задачі дослідження.** Метою магістерської кваліфікаційної роботи є стимулювання промислового підприємства ТОВ «Вінниця-млин» до енергозбереження.

Для досягнення даної мети розв'язуються наступні задачі:

- приведено основні відомості про досліджуване підприємство та про його систему електропостачання;
- досліджено існуючу систему теплопостачання підприємства та розраховано теплову схему парової котельні;
- розроблено технічні рішення щодо встановлення парової та фреонової турбіни в котельні підприємства;
- розглянуто техніко-економічну доцільність реконструкції котельні з врахуванням наявності турбогенератора як локалізованого джерела енергопостачання з можливістю відпуску електроенергії в мережу;
- розроблено математичну модель стимулювання підприємства до енергозбереження;
- проведено техніко-економічний розрахунок;
- розроблено заходи з охорони праці на підприємстві та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

**Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи.** Основні теоретичні положення та найактуальніші практичні результати проведеного наукового дослідження було представлено та обговорено на науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету за участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств міста Вінниці та області у 2018 та 2019 роках. За результатами опубліковано тези доповідей [43, 44, 45, 46].

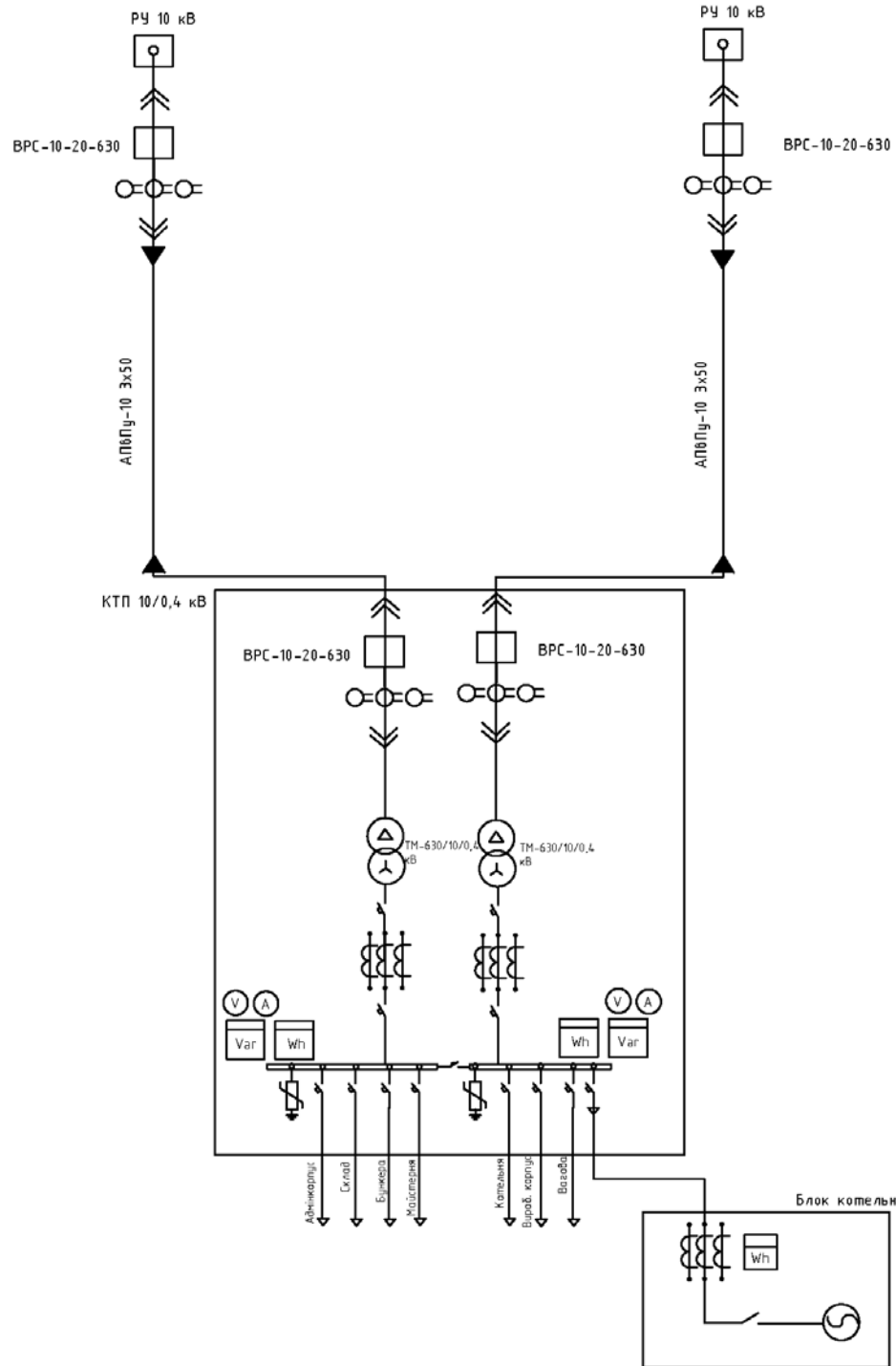
# Внутрішнє електропостачання підприємства



Таблиця 1.2 – Розрахунок навантажень заводської мережі

	Силове навантаження						Освітлювальне навантаження						Всього		
	$P_n$ , кВт	$K_p$	$\cos\phi$	$\operatorname{tg}\phi$	$P_{mc}$ , кВт	$Q_{mc}$ , квар	$F$ , м <sup>2</sup>	$P_{плг}$ , кВт	$K_{по}$	$K_{пра}$	$P_{мо}$	$Q_{мо}$	$P_M$ , кВт	$Q_M$ , квар	$S$ , кВА
Адмінкорпус	150	0,35	0,75	0,88	52,5	46,2	1029	0,012	0,85	1,1	11,55	5,43	64,05	51,63	82,26
Склад 1	50	0,4	0,75	0,88	20	17,6	856	0,017	0,8	1,2	13,97	6,57	33,97	24,17	41,69
Бункера	50	0,4	0,45	0,88	20	17,6	467	0,012	0,6	1,1	3,7	1,74	23,7	19,34	30,59
Виробничий корпус	270	0,85	0,6	1,17	229,5	268,515	995	0,012	0,6	1,1	7,88	3,70	237,38	272,22	361,18
Майстерня	100	0,56	0,7	1,3	56	72,8	583	0,012	0,6	1,1	4,62	2,17	60,62	74,97	96,41
Склад 2	50	0,4	0,75	0,88	20	17,6	531	0,017	0,8	1,2	8,67	4,07	28,67	21,67	35,94
Вагова	50	0,4	0,75	0,88	20	17,6	732	0,017	0,8	1,2	11,95	5,61	31,95	23,21	39,49
Всього по цеху	720				418	457,915	5193				62,32	29,29	480,32	487,21	687,56

Рисунок 1 – Генеральний план підприємства з нанесеними секторами навантаження та освітлення



Для енергозбереження на ТОВ «Вінниця-млин» передбачається підвищення ефективності котельні підприємства шляхом перетворення її в міні-ТЕЦ.

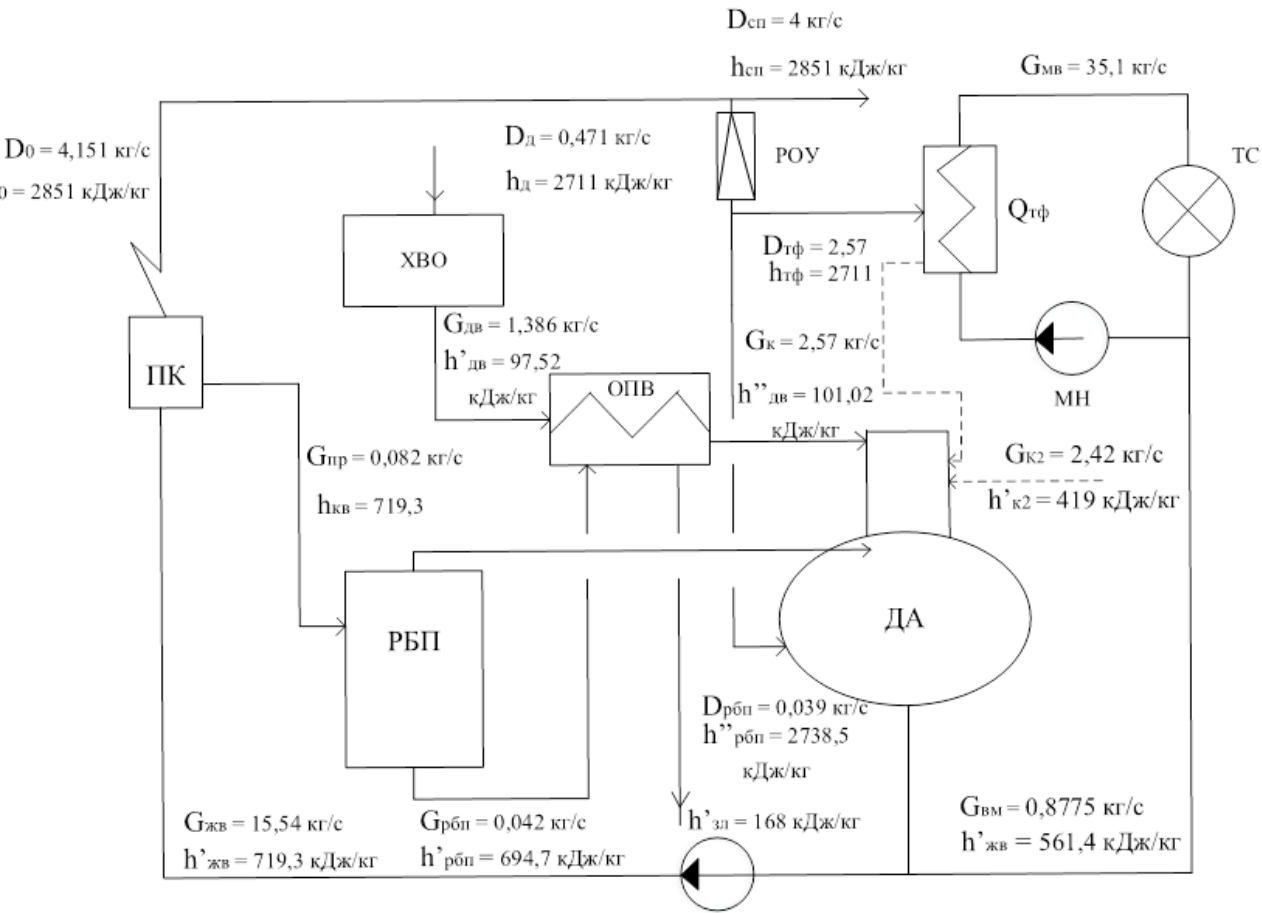
Внаслідок такої модернізації виникає можливість виробляти електроенергію, яка надалі використовуватиметься для забезпечення власних потреб підприємства і, в результаті, помітно зменшити витрати на купівлю електроенергії та витрати підприємства в цілому.

Для реалізації відпуску невикористаної електроенергії передбачається точка приєднання до мережі в РУ-10 кВ підстанції. Прогнозовані межі балансової належності та експлуатаційної відповідальності будуть встановлені в точці приєднання електроустановки до мережі.

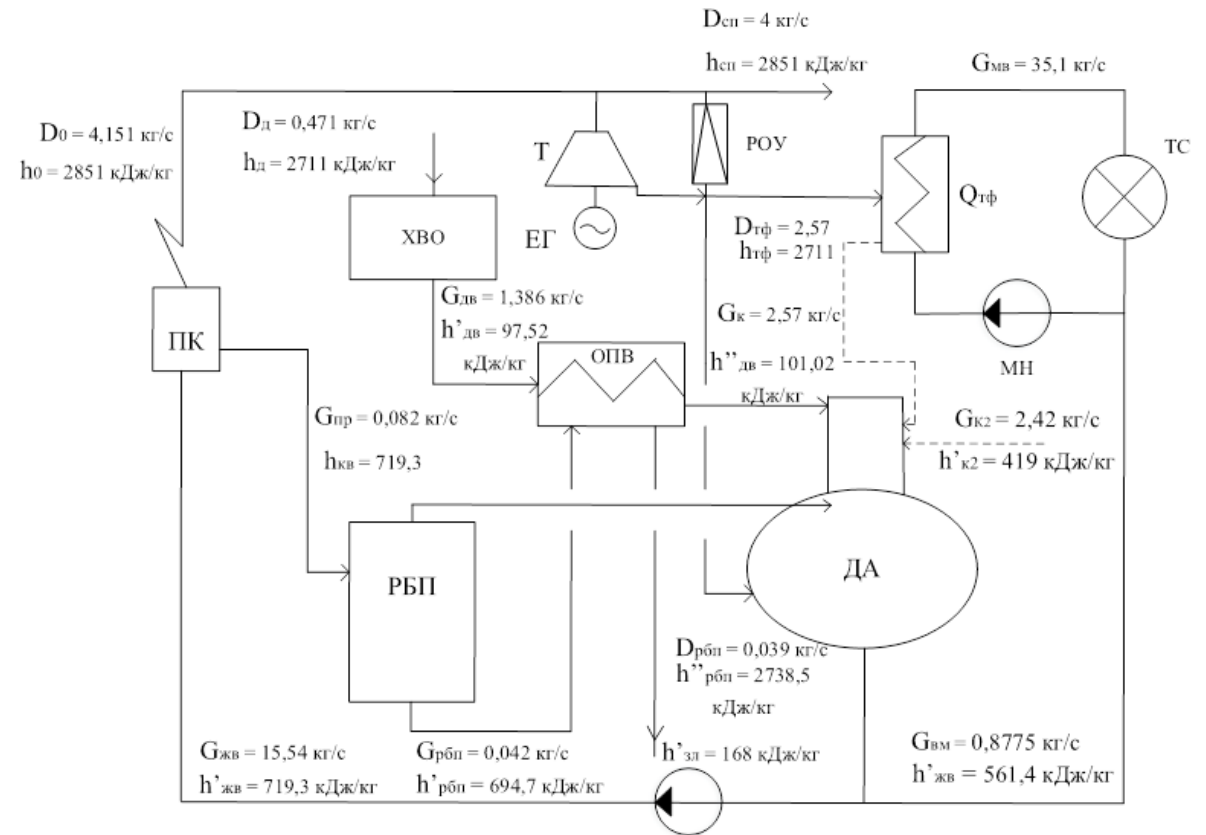
Однолінійна схема електропостачання ТОВ «Вінниця-млин» з врахуванням приєднання генератора до КТП 10/0,4 кВ



## Існуюча теплова схема котельні з витратами теплоносіїв



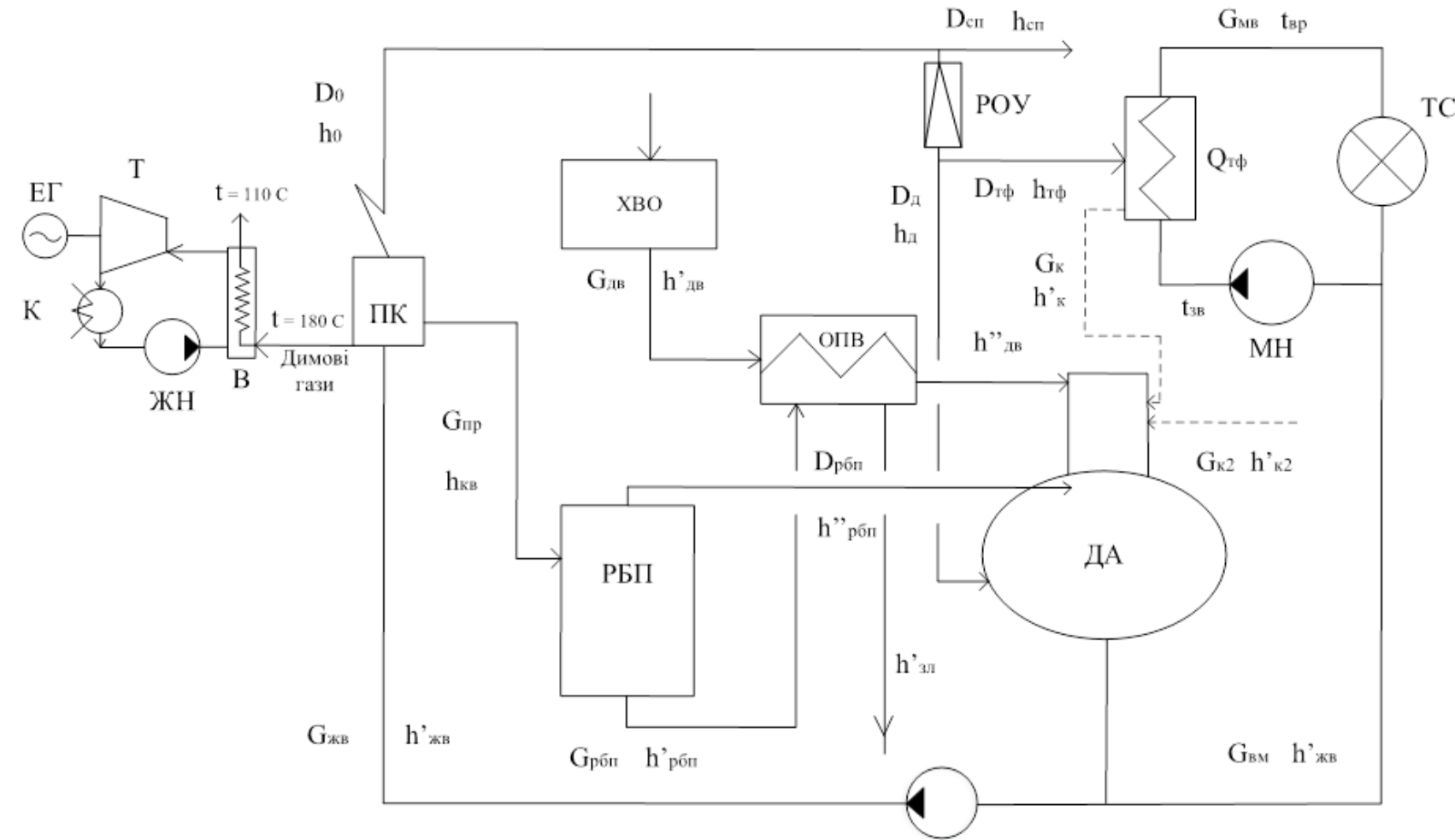
## Теплова схема котельні з паровою турбіною



Таблиця 5 – Порівняння характеристик існуючого варіанту котельні та проекту котельні з паровою турбіною

№	Назва параметрів	Варіант	
		Існуючий	З паровою турбіною
1	Витрати на паливо, млн.грн.	189,1	189,1
2	Капіталовкладення, млн.грн.	-	15,03
3	Річна плата за електроенергію, млн. грн.	9,68	3,31
4	Річна економія коштів, млн.грн.	-	6,37
5	Термін окупності, років	-	2,36

# Теплова схема котельні з фреоновою турбіною



- ДА – деаератор призначений для видалення розчинених газів із живильної води;
- ХВО – хімводоочистка здійснюється підготовка води та хімоочищення;
- ОПВ – підігрівник очищеної води;
- РБП – розширник безперервної продувки;
- РОУ – редуційно – охолоджувальна установка;
- ТС – тепловий споживач;
- МН – мережний насос;
- ЖН – живильний насос;
- К – конденсатор;
- ЕГ – електрогенератор;
- Т – турбіна.

Таблиця 6 – Порівняння характеристик проекту котельні з паровою турбіною та з фреоновою турбіною

№	Назва параметрів	Варіант	
		З паровою турбіною	З фреоновою турбіною
1	Витрати на паливо, млн.грн.	86, 42	86,42
2	Загальні капіталовкладення, млн.грн.	11,95	13,66
3	Річна економія коштів, млн.грн.	6,37	2,09
4	Вироблена електроенергія, кВт год/рік	2275000	749496
5	Термін окупності, років	2,37	8,27

# АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ СТИМУЛЮВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ ДО ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

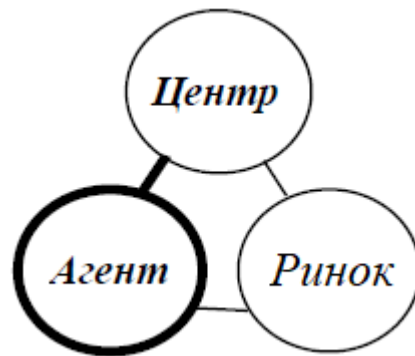


Рисунок 1 – Учасники трудових відносин

Розглянемо організаційну систему (ОС), яка складається з одного керуючого органа – центра – і одного керованого суб'єкта – агента

Стратегією агента являється вибір дії  $u \in A$ , що належить множині допустимих дій  $A$ . Стратегією центра являється розробка оптимальної функції стимулювання  $\sigma(y) \in M$ , що належить допустимій множині  $M$  і маючій відповідно до дій агента деяку невід'ємну винагороду.

Інтереси учасників організаційної системи обмежені їх цільовими функціями, які відповідно визначені  $\Phi(*)$  і  $f(*)$  (функції доцільності, вигідності і т.д.), що являють собою різницю між собою для агента – різницю між стимулюванням і затратами

$$f(y) = \sigma(y) - c(y). \quad (4.1)$$

$$\Phi(y) = H(y) - \sigma(y). \quad (4.2)$$

$$f(y) = u(\sigma(y)) - c(y). \quad (4.3)$$

$$P(\sigma) = \text{Arg max } (\sigma(y) - c(y)). \quad (4.4)$$

$$K(\sigma) \rightarrow \text{max } \Phi(y). \quad (4.5)$$

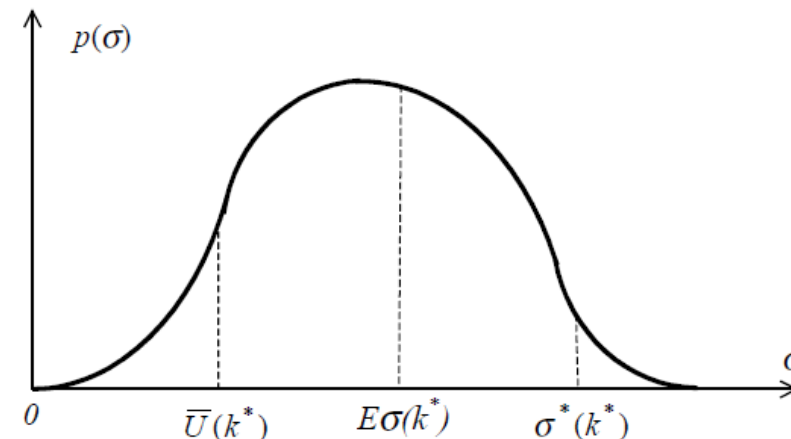


Рисунок 2 – Резервний, очікуваний і максимальний дохід агента

# АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ СТИМУЛЮВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ ДО ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

$$E\sigma(k^*) = \int_{U(k^*)}^{\sigma^*(k^*)} \sigma p(\sigma) d\sigma. \quad (4.6)$$

$$S = \{x \in A \mid H(x) - c(x) - U \geq 0\}. \quad (4.8)$$

$$\sigma(x) = c(x) + U + \delta. \quad (4.9)$$

$$\sigma_{QK}(x, y) = \begin{cases} c(x) + U + \delta, & y = x \\ 0, & y \neq x \end{cases} \quad (4.10)$$

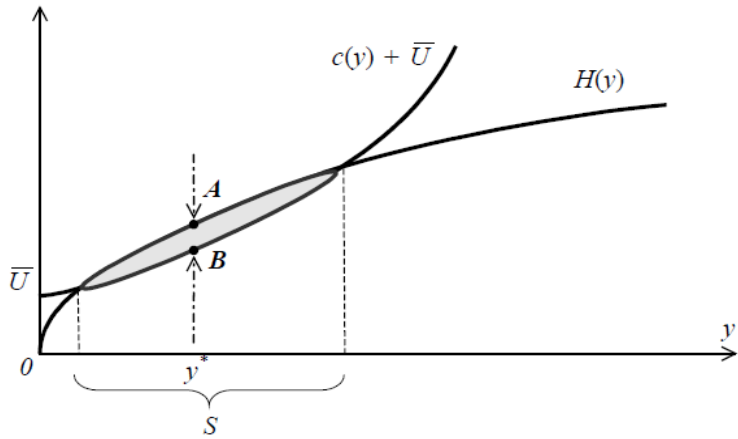


Рисунок 3 – Область компромісу в задачі стимулювання

$$\forall y \in P(\sigma) f(y) \geq 0.$$

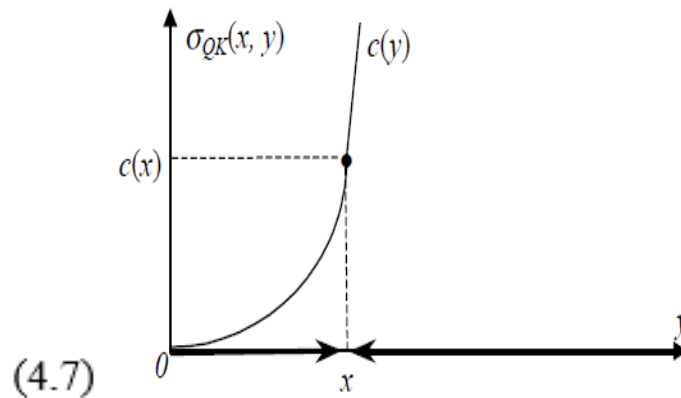


Рисунок 4 – Квазікомпенсаторна система стимулювання

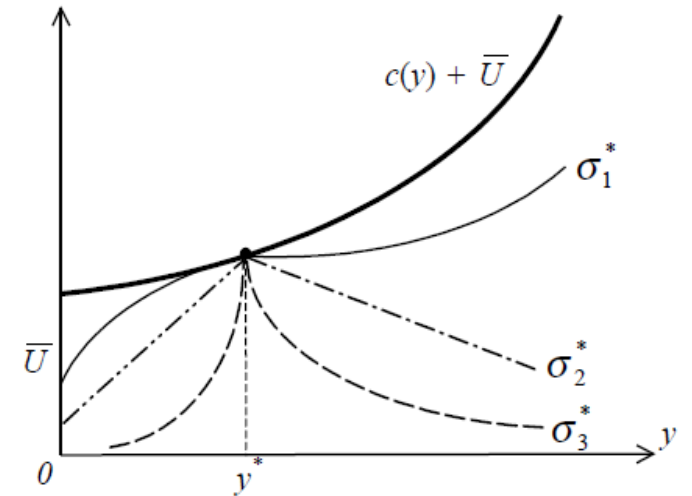


Рисунок 5 – Оптимальні системи стимулювання

# РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ПРОМИСЛОВОМУ ПІДПРИЄМСТВІ ПРИ ПРИЙНЯТТІ ІНОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ

Таблиця 1 – Річні витрати активної електроенергії по цехах

Назва цеху	К-сть змін	Sp, кВА	Tm, год.	Cos φ	Pp, кВт	Ea, кВт·год./рік
Адмінкорпус	1	82,26	3000	0,77	64,05	192150
Склад	1	41,69	3000	0,77	33,97	101910
Бункера	1	30,59	3000	0,77	23,7	71100
Виробничий корпус	2	361,18	4500	0,65	237,38	1068210
Майстерня	2	96,41	4500	0,62	60,62	272790
Котельня	2	35,94	4500	0,8	28,67	129015
Вагова	2	39,49	4500	0,8	31,95	143775
Разом					480,34	1978950

Таблиця 2 - Розрахунок собівартості електроенергії

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	Ea	1978650	кВт·год.
Річне споживання електроенергії із втратами	E	2038228,9	кВт·год.
Плата за електроенергію	П1	5095572,27	грн.
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	Cп	851833,03	грн.
Сумарні витрати підприємства	Cсум	5947405,3	грн.
Собівартість електроенергії	S	300,57	коп/кВт·год.

# ВИСНОВКИ

В даній магістерській кваліфікаційній роботі було досліджено питання стимулювання промислового підприємства ТОВ «Вінниця-млин» до енергозбереження.

Для досягнення даної мети розв'язано такі задачі: приведено основні відомості про досліджуване підприємство та про його систему електропостачання; досліджено існуючу систему теплопостачання підприємства та розраховано теплову схему парової котельні; розроблено технічні рішення щодо встановлення парової та фреонової турбіни в котельні підприємства; розглянуто техніко-економічну доцільність реконструкції котельні з врахуванням наявності турбогенератора як локалізованого джерела енергопостачання з можливістю відпуску електроенергії в мережу; розроблено математичну модель стимулювання підприємства до енергозбереження; проведено техніко-економічний розрахунок; розроблено заходи з охорони праці на підприємстві та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

В першому розділі наведено короткий опис технологічних процесів підприємства, що дозволило розробити найбільш оптимальний варіант стратегії стимулювання ТОВ «Вінниця-млин» до енергозбереження.

В другому розділі проаналізовано систему електропостачання підприємства в цілому та виробничого цеху. Розглянуто варіант підключення індивідуального джерела енергопостачання (турбогенератора парової котельні) до мережі з можливістю відпуску невикористаної електроенергії.

В третьому розділі магістерської кваліфікаційної роботи розроблено комплекс заходів для підвищення ефективності котельні підприємства шляхом перетворення її в міні-ТЕЦ. Для цього розроблено два варіанта проектних рішень: зі встановленням парової турбіни та турбогенератора та зі встановленням фреонової турбіни. Проведений техніко-економічний аналіз показав, що найбільш доцільним є варіант встановлення парової турбіни в котельні підприємства.

В четвертому розділі розглянуто квазікомпенсаторну систему стимулювання як оптимальну систему для застосування її при заохоченні підприємства ТОВ «Вінниця-млин» до впровадження засобів підвищення ефективності енерговикористання. Розроблено оптимальний план  $u^*$ , що доставляє максимум суми цільових функцій учасників організаційної системи  $i$ , відповідно, являється ефективним.

Приведені результати дозволяють виділити перспективні напрямки подальших досліджень в області стимулювання промислових підприємств до енергозбереження (в першу чергу – вивчення механізмів управління організаційними системами, а також повне дослідження процесу стимулювання багатоелементних систем з наявністю обмежень множини допустимих дій). Тому доцільно допустити, що узагальнення методів стимулювання організаційних систем виявиться ефективним і адекватним інструментом підвищення ефективності використання енергоресурсів.