

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування інституту)

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного

(повна назва кафедри)

менеджменту

Пояснювальна записка  
до бакалаврської дипломної роботи

Бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВАРИСТВА З  
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ ЕЛЕВАТОР «ХЛІБОРОБ-  
ГОЛЕНДРИ», КАЛИНІВСЬКИЙ РАЙОН, СЕЛО ГОЛЕНДРИ

Виконав: студент 4 курсу, групи E-17мс  
6.050701 – електротехніка та електротехнології

(шифр і назва напрямку підготовки)

Юркевич Д.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Шулле Ю.А.

(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Вінниця ВНТУ - 2020 року

**ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр

Напрямок підготовки – 6.050701– електротехніка та електротехнології

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

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020р.

**ЗАВДАННЯ  
НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ**

Юркевич Денис Ігорович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю елеватор «Хлібороб-Голендри», Калинівський район, село Голендри керівник роботи Шулле Юлія Андріївна, к.т.н., доц., затвержені наказом по ВНТУ від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 року, № \_\_\_\_\_
2. Строк подання студентом роботи «\_\_\_» січня 2020 року
3. Вихідні дані до роботи: Генплан підприємства; план одного із цехів з технологічними плануваннями, відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства та цеху; відомості про джерела живлення; відомості про перспективу розвитку підприємства.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки.
  - Анотація.
  - Вступ.
  1. *Загальні відомості про підприємство*
    - 1.1 Відомості про технологічні процеси
    - 1.2 Відомості про електричні навантаження. Оцінка категорії з надійності електропостачання
  2. *Аналіз системи електропостачання підприємства.*
    - 2.1 Розрахунок електричних навантажень
    - 2.2 Вибір та розміщення трансформаторних підстанцій
    - 2.3 Вибір та розрахунок схеми електропостачання підприємства
      - 2.3.1. Розрахунок зовнішнього електропостачання
      - 2.3.2. Вибір комутаційного та захисного обладнання ЦРП
      - 2.3.3. Розрахунок засобів компенсації реактивної потужності
    - 2.4 Розрахунок схеми електропостачання цеху
      - 2.4.1. Вибір та розрахунок системи електропостачання цеху
      - 2.4.2. Вибір комутаційних та захисних апаратів цехової електромережі

3. Дослідження з актуальної для підприємства тематики «Дослідження використання електричної енергії в аграрному виробництві та її економії»

Висновки

4. Охорона праці

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.3 Пожежна безпека

ВИСНОВКИ

Література

5. Перелік графічного матеріалу:

- Генплан підприємства із картограмою навантажень і розподільною мережею
- План цеху і силової мережі
- Розрахунково-монтажна таблиця
- Однолінійна схема електропостачання підприємства
- Креслення із спецпитання

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Кобилянський О.В., д.п.н., професор		

7. Дата видачі завдання «\_\_\_» грудня 2019 року

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз системи електропостачання підприємства		
2	Дослідження з актуальної для підприємства тематики		
3	Охорона праці		
4	Графічна частина роботи		

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Керівник бакалаврської  
дипломної роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Юркевич Д.І.

(прізвище та ініціали)

Шулє Ю.А.

(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

Анотація .....	4
Вступ.....	6
1 Загальні відомості про підприємство.....	7
1.1 Короткий опис технологічного процесу.....	7
1.2 Відомості про електроспоживачі підприємства.....	9
2 Розрахунок системи електропостачання.....	11
2.1 Розрахунок електричних навантажень .....	11
2.1.1 Розрахунок електричних навантажень зерносушарки АВМ.....	11
2.1.2 Розрахунок навантажень підприємства .....	16
2.2 Вибір і розміщення підстанцій .....	19
2.2.1 Вибір цехових трансформаторних підстанцій.....	19
2.2.2 Вибір місць для розміщення підстанцій .....	21
2.3 Вибір схем електропостачання .....	24
2.3.1 Вибір зовнішньої схеми електропостачання.....	24
2.3.2 Вибір внутрішньої схеми електропостачання.....	25
2.3.3 Вибір високовольтних вимикачів і перерізу провідників.....	27
2.3.4 Розрахунок струмів короткого замикання мережі підприємства...	28
2.3.5 Перевірка вибраних вимикачів та провідників.....	30
2.4 Розрахунок цехового електропостачання .....	30
2.4.1 Вибір схеми і конструктивного виконання цехової мережі.....	30
2.4.2 Вибір комутаційно-захисної апаратури і провідників.....	31
2.4.3 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В.....	35
3 Дослідження використання електричної енергії в аграрному виробництві та її економії.....	37
4 Охорона праці.....	56
Висновки.....	68
Література.....	69
Додатки.....	70

УДК 621.316

### Анотація

Юркевич Д. І. Розробка системи електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю елеватор «Хлібороб-Голендри», Калинівський район, село Голендри. Бакалаврська дипломна робота. Напрямок підготовки 6.050701 – «Електротехніка та електротехнології». - Вінниця: ВНТУ, ФЕЕЕМ. Кафедра ЕСЕЕМ, 2020 р.

Розроблено систему електропостачання елеватора «Хлібороб-Голендри», Калинівського району, село Голендри. Виконано розрахунок електричних навантажень зерносушарки АВМ та елеватора в цілому.

Вибрана оптимальна схема електропостачання, кількість та потужність трансформаторів. Проведено розрахунок струмів КЗ. Вибрано основне обладнання робота якого забезпечується як в нормальних так і в аварійних режимах.

Ст. 70

Бібл. 13

Табл. 18

Рис. 11

УДК 621.316

### Аннотация

Юркевич Д. И. Разработка системы электроснабжения Общества с ограниченной ответственностью элеватора «Хлібороб-Голендри» Колиновского района, село Голендры . Бакалаврська дипломная работа. Направление подготовки 6.050701 – «Электротехника и электротехнология».- Винница: ВНТУ, ФЭЭЭМ. Кафедра ЭСЭЭМ, 2020 г.

Розроблено систему электроснабжения элеватора «Хлібороб-Голендри» Колиновского района, село Голендры. Сделан расчет электрических нагрузок зерносушарки АВМ и предприятия в целом.

Выбрана оптимальная схема электроснабжения, количество и мощность трансформаторов. Проведено расчет токов КЗ. Выбрано основное оборудования работа которого обеспечивается как в нормальных так и в аварийных режимах.

Ст. 70

Библ. 13

Табл. 18

Рис. 11

## Вступ

Актуальність теми. Для створення належної системи електропостачання підприємства потрібна ретельна робота з точки зору технології, будівництва та електрики, а також забезпечити надійне ощадливе електропостачання, що відповідає умовам даного виробництва. Система електропостачання промислових підприємств, що складається з мереж напругою до 1000 В і вище, трансформатори перетворюючих підстанцій, служить для забезпечення вимог виробництва шляхом подачі електроенергії від джерела живлення до місця споживання в необхідній кількості.

Мета бакалаврської роботи: провести розрахунок системи електропостачання підприємства, здійснити вибір і перевірку комутаційно-захисної апаратури, провідників цехової і заводської мереж, вибір та місце розташування трансформаторних підстанцій.

Об'єктом роботи є процес споживання електроенергії підприємством.

Предметом роботи є методи та засоби, що використовуються для якісного та раціонального розрахунку системи електропостачання даного підприємства, виборі схем його цехових та заводських мереж.

Методи. Під час виконання бакалаврської роботи використовувались методи досліджень, які базувалися на розрахунках елементів системи електропостачання.

Короткий зміст розділів. В першому розділі наведені загальні відомості про підприємство. В другому розділі розраховується електропостачання цеху. Обирається схема електропостачання цеху, а також розраховується навантаження цехової мережі. Розраховується електропостачання підприємства. Вибирається схема заводської мережі, а також комутаційно-захисна апаратура та провідники цехової мережі. В третьому розділі досліджено використання електричної енергії в аграрному виробництві та її економія. Четвертий розділ присвячений питанням охорони праці.

## 1 Загальні відомості про підприємство

### 1.1 Короткий опис технологічного процесу.

На балансі підприємства знаходиться 1,5 тис. га. ораної землі. На цих землях вирощують різні види зернових, пшеницю, ячмінь, кукурудзу, горох, овес, соняшники, цукровий буряк та багато іншої продукції. Для виробництва та виконання різних робіт в товаристві знаходиться 40 одиниць сільськогосподарської техніки, 23 трактори і комбайни та 17 автомобілів які обслуговуються і ремонтуються майстернею товариства. Також крім вирощування зернових займаються також переробкою зерна (на підприємстві є сучасний зерносушильний комплекс АВМ) а також виробництвом молока та відгодівлею телят ( молочно- товарний комплекс який складається з чотирьох ферм). Одним з енергоємних об'єктів є зерносушарка АВМ.

Процес переробки зерна на АВМ відбувається в такій послідовності, зерно поступає з зернотіка та завантажують на гідропіднімач, потім загрузна норія завантажує зерно на транспортер, який подає його до барабану. У барабані знаходиться форсунка яка створює температуру приблизно 350-400 градусів, температура самого барабана 150-170 градусів. В середині цього барабана знаходиться відсік. Далі зерно попадає в барабана де переміщується по його стінках, таким чином сушиться, і за допомогою лопатів перекидається в менший відсік, Тут зерно досушується і центральним вентилятором витягується до дозатора, в дозаторі повітря перекривається і зерно попадає в бункер. На стенді управління є два положення: гранулятор і сухе зерно.

Коли включено положення сухе зерно то зерно яке попало в бункер рухається по транспортеру і може загрузатися на транспортний засіб.



А коли включений гранулятор, тоді зерно з бункера попадає до гранулятора там зерно подрібнюється, додається трохи води і за допомогою лопатевих змішувачів безперервної дії перемішуються утворюючи кашоподібну масу. Ця маса проходить через живильні валики, проминається і спрямовується до горизонтального шнека, яким транспортується до основної камери преса, що ущільнює її. Вертикальні шнеки нагнітають тістоподібну масу в нижню камеру преса, який продавлює її через матриці. Під матрицею встановлено ножовий пристрій, який обертаючись відрізує від ущільненої маси, що виходить з матриці у вигляді ниток, гранули. Гранули сушать гарячим повітрям.

Підприємство по ступеню надійності електропостачання відноситься до споживачів III категорії, тваринницький комплекс – до II категорії.

## 1.2 Відомості про електроспоживачів

Генплан ТОВ елеватор «Хлібороб-Голендри» показано на рис. 1.1.

Відомості про електричні навантаження подані в табл. 1.1.

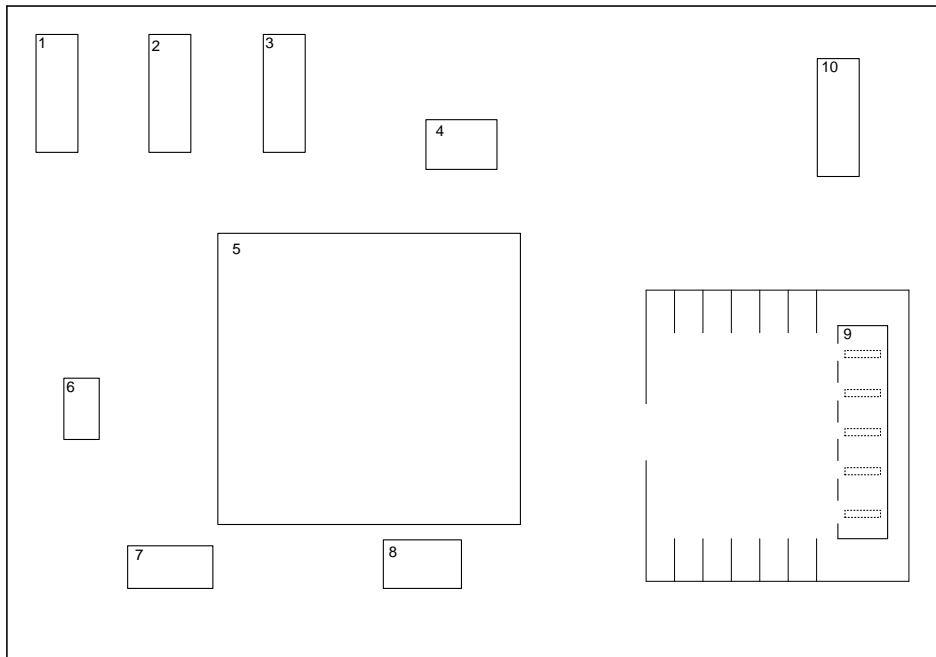


Рисунок 1.1 – Генплан ТОВ елеватор «Хлібороб-Голендри»

Таблиця 1.1 – Відомості про електричні навантаження підприємства

Вузли живлення ЕП	Рн
1. Бункер №1	44,6
2. Бункер №2	12,15
3. Бункер № 3	12,15
4.Зерно-сушілка АВМ	---
5.Зернотік	109,1
6. Пилорама	50,6
7.Столярний цех	16,4
8. Кузня	5
9. Тракторна бригада	68,4
10. Бункер № 4	38,4

План зерносушарки АВМ показано на рис. 1.2. Відомості про електричні навантаження зерносушарки АВМ подані в табл. 1.2.

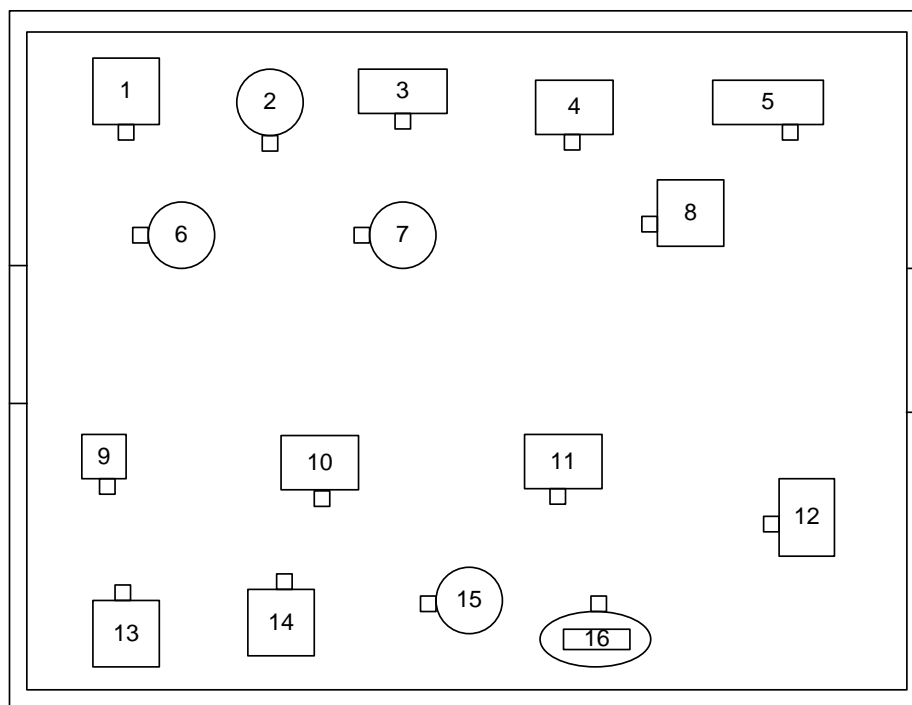


Рисунок 1.2 – План зерносушарки АВМ

Таблиця 1.2 – Відомості про електричні навантаження зерносушарки АВМ

№ на плані	Назва цеху	Рн. кВт
	Зерносушарка АВМ	
1	Гідро піднімач	4
2	Кормороздріблювач	40
3	Норія загрузна	2,2
4	Привід форсунка барабана	4
5	Норія подачі зерна	2,2
6	Кормо змільчувач	26
7	ЦВК	12
8	ДКУ	22
9	Вигрузний шнек	4
10-12	Дозатор	3
13	Погрузний транспортер	1,1
14	Погрузний транспортер	2,2
15	Гранулятор	26
16	Екструдер	42

## 2 Розрахунок системи електропостачання

### 2.1 Розрахунок електричних навантажень

#### 2.1.1 Розрахунок електричних навантажень зерносушарки АВМ

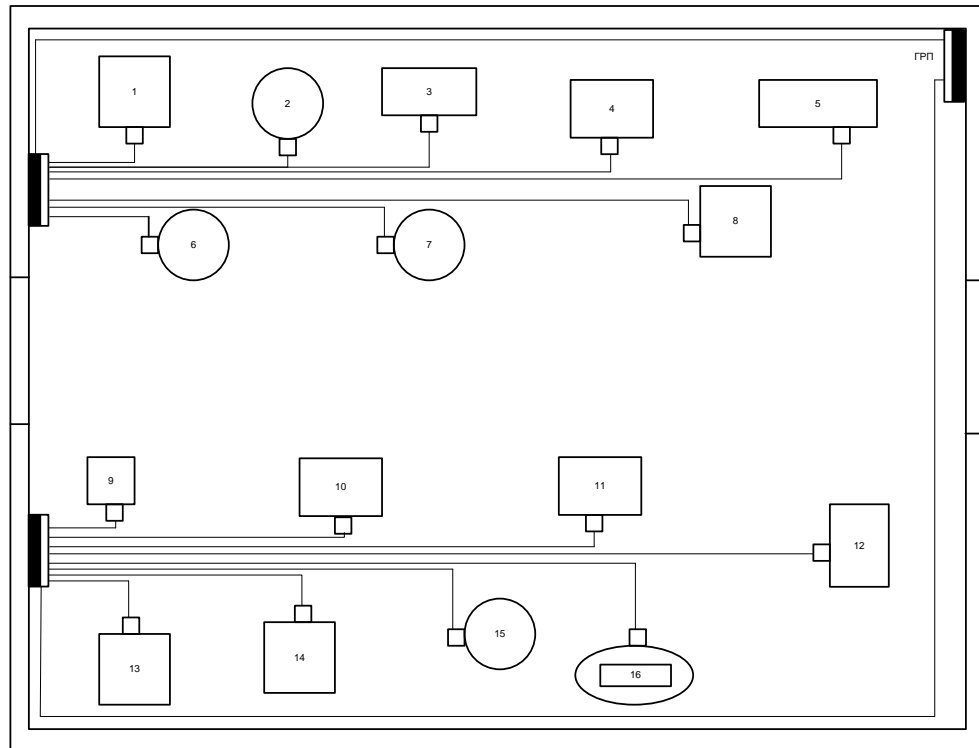


Рисунок 2.1 – План зерносушарки АВМ

Розрахункові навантаження окремих електроприймачів (ЕП) або ліній, від яких живляться два чи три ЕП (І рівень), приймаються рівними номінальним

$$P_M = P_H, \quad Q_M = P_M \operatorname{tg}\varphi_H, \quad (2.1)$$

де  $P_H$  - номінальна активна потужність ЕП;

$\operatorname{tg}\varphi_H$  - номінальний коефіцієнт реактивної потужності.

Номінальні величини визначають за паспортними даними ЕП. При відсутності паспортних даних приймають  $\operatorname{tg}\varphi_H = 0,75$  - для ЕП тривалого режиму роботи і  $\operatorname{tg}\varphi_H = 0,87$  - для ЕП повторно-короткочасного режиму роботи.

На II рівні електропостачання використовують метод упорядкованих діаграм, розроблений Г.М. Каяловим.

ЕП кожного розподільчого пункту або шинопроводу поділяють на дві групи: ЕП із змінним графіком навантаження (група А) і ЕП з практично постійним графіком навантаження (група Б).

В механічній майстерні підприємства всі електроприймачі групи А

Середні навантаження за найбільш завантажену зміну:

$$P_{CM} = \sum_{i=1}^n k_{Vi} P_{Hi}, \quad Q_{CM} = \sum_{i=1}^n k_{Vi} P_{Hi} \operatorname{tg} \varphi_{ci}, \quad (2.2)$$

де  $\operatorname{tg} \varphi_{ci}$  - усереднені значення  $\operatorname{tg} \varphi$  для даного типу ЕП [1, 2].

$k_{Vi}$  - індивідуальний коефіцієнт використання, характерний для даного ЕП;

$n$  - число ЕП.

$P_H$  - номінальна потужність всіх ЕП.

Розрахункові навантаження визначають за формулами:

$$\text{для групи А:} \quad P_M = K_M P_{CM}, \quad Q_M = \begin{cases} 1,1 Q_{CM} & \text{при } n_e \leq 10, \\ Q_{CM} & \text{при } n_e > 10; \end{cases} \quad (2.3)$$

Значення  $K_M$  визначають за таблицями або графіками  $K_M(n_e, K_V)$ .

Груповий коефіцієнт використання:

$$K_V = \frac{P_{CM}}{P_H} = \frac{\sum_{i=1}^n k_{Vi} P_{Hi}}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}}, \quad (2.4)$$

Точний вираз для визначення ефективного числа ЕП:

$$n_{\text{э}} = \frac{\left( \sum_{i=1}^n P_{Hi} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}^2} \quad (2.5)$$

Виконаємо розрахунки  $P_{\text{см}}$  і  $Q_{\text{см}}$  на прикладі гідропіднімача, кількість подібних машин - 1 шт, потужність - 4 кВт:

$$P_{\text{н}} = 1 \cdot 4 = 4 \text{ (кВт)};$$

$$P_{\text{см}} = 4 \cdot 0,5 = 2 \text{ (кВт)};$$

$$Q_{\text{см}} = 2 \cdot 0,75 = 1,5 \text{ (кВт)}.$$

Коефіцієнт максимуму активної потужності визначимо по кривих [7,табл.2.6]

$$K_{\text{м}} = f(K_{\text{в}}, n_{\text{е}}); \quad (2.6)$$

Ефективне число ЕП:

$$n_{\text{э}} = \frac{\left( \sum_{i=1}^n P_{Hi} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}^2} \quad (2.7)$$

Визначимо відповідно розрахункову активну, реактивну і повну потужності РПІ:

$$P_{\text{р}} = K_{\text{м}} \cdot P_{\text{см}} \quad (2.8)$$

$$Q_{\text{м}} = Q_{\text{см}}, \quad \text{якщо } n_{\text{э}} > 10; \quad (2.9)$$

$$Q_{\text{м}} = 1.1 Q_{\text{см}} \quad \text{якщо } n_{\text{э}} < 10; \quad (2.10)$$

$$S_{\text{м}} = \sqrt{P_{\text{м}}^2 + Q_{\text{м}}^2}; \quad (2.11)$$

Розрахунковий струм:

$$I_{\text{р}} = \frac{S_{\text{м}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} \quad (2.12)$$

Для даної групи приймачів  $n_{\text{э}} = 4$ ,  $K_{\text{м}} = 1.15$

Приймаючи це до уваги приведемо приклад розрахунків:

$$P_M = 59,72 \cdot 1,15 = 68,69 \text{ (кВт)},$$

$$Q_M = 1,1Q_{сМ} = 1,1 \cdot 47,24 = 51,96 \text{ (квар)}, \text{ так як } n_D < 10;$$

$$S_{M.\Sigma} = \sqrt{P_{M.\Sigma}^2 + Q_{M.\Sigma}^2} = \sqrt{68,69^2 + 51,96^2} = 86,13 \text{ (кВ}\cdot\text{А)}.$$

$$I_M = \frac{S_{M.\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{86,13}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 130,9 \text{ (А)}.$$

Розрахунки для всіх інших електроприймачів даного цеху виконаємо аналогічно в табличній формі. (табл. 2.1)

Таблиця 2.1 – Розрахунок навантаження силової мережі зерносушарки АВМ

Найменування ЕП	п, шт	P <sub>н</sub> , кВт	nP <sub>н</sub> , кВт	Кв	cosφ	tgφ	КвnP <sub>н</sub>	КвnP <sub>н</sub> tgφ	nP <sub>н</sub> <sup>2</sup>	ne	км	P <sub>м</sub>	Q <sub>м</sub>	S <sub>м</sub>	I <sub>м</sub> , А
<b>РП - 1</b>															
Гідро піднімач (1)	1	4	4	0,5	0,8	0,75	2	1,5	16						
Кормо-роздріблювач (2)	1	40	40	0,55	0,8	0,75	22	16,5	1600						
Норія загрузна (3)	1	2,2	2,2	0,55	0,8	0,75	1,21	0,9	4,84						
Привід форсунка барабана (4)	1	4	4	0,5	0,75	0,88	2	1,76	16						
Норія подачі зерна (5)	1	2,2	2,2	0,55	0,8	0,75	1,21	0,9	4,84						
Кормо змільчувач (6)	1	26	26	0,55	0,8	0,75	14,3	10,72	676						
ЦВК (7)	1	12	12	0,5	0,75	0,88	6	5,28	144						
ДКУ (8)	1	22	22	0,5	0,75	0,88	11	9,68	484						
Всього групи А	8		112,4	0,53			59,72	47,24	2945,68	4	1,15	68,69	51,96	86,13	130,9
Всього по РП - 1	8		112,4				59,72	47,24	2945,68			68,69	51,96	86,13	130,9
<b>РП - 2</b>															
Вигрузний шнек (9)	1	4	4	0,55	0,8	0,75	2,2	1,65	16						
Дозатор (10-12)	3	3	9	0,5	0,8	0,75	4,5	3,38	27						
Погрузний транспортер (13)	1	1,1	1,1	0,55	0,8	0,75	0,61	0,46	1,21						
Погрузний транспортер (14)	1	2,2	2,2	0,55	0,8	0,75	1,21	0,91	4,84						
Гранулятор (15)	1	26	26	0,5	0,75	0,88	13	11,44	676						
Екструдер (16)	1	42	42	0,5	0,75	0,88	21	18,48	1764						
Всього групи А	8		84,3	0,5			42,52	36,32	2489,05	3	1,34	56,98	39,95	69,59	105,7
Всього по РП - 2	8		84,3				42,52	36,32	2489,05			56,98	39,95	69,59	105,7
Всього групи А по цеху	16		196,7	0,52			102,24	83,56	5434,73	7	0,93	95,08	91,92	132,25	200,1
Всього по цеху	16		196,7				102,24	83,56	5434,73			95,08	91,92	132,25	200,1



### 2.1.2 Розрахунок навантажень підприємства

Визначення електричних навантажень підприємства виконується з метою вибору кількості і потужності трансформаторів, перевірки струмоведучих частин і елементів по нагріву і по втраті напруги, вірного вибору захисних пристроїв і комутуючих апаратів. Електричні навантаження підприємства визначають вибір всіх елементів системи.

Розрахункова потужність цехів підприємства визначається за допомогою методу коефіцієнта попиту (на прикладі Ферми№1):

$$P_{mc} = K_p \cdot P_n, \quad (2.13)$$

де  $P_{mc}$  - розрахункова активна потужність силового обладнання цеху, кВт;

$K_p$  - коефіцієнт попиту;

$P_n$  - номінальна потужність цеху, кВт.

$$P_{mc} = 0,5 \cdot 44,6 = 22,3 \text{ (кВт)}.$$

Розрахункова реактивна потужність цеху визначається по формулі, квар:

$$Q_{mc} = P_{mc} \cdot \operatorname{tg}\varphi, \quad (2.14)$$

де  $\operatorname{tg}\varphi$  - коефіцієнт реактивної потужності

$$Q_{mc} = 22,3 \cdot 0,88 = 19,62 \text{ (квар)}.$$

Визначимо розрахункову потужність електричного освітлення, кВт:

$$P_{mo} = P_{пит} \cdot K_{по} \cdot K_{пра} \cdot F, \quad (2.15)$$

де  $P_{mo}$  - розрахункова потужність освітлення кВт,

$P_{пит}$  - питома щільність освітлювального навантаження, кВт/м<sup>2</sup>

$K_{по}$  - коефіцієнт попиту освітлювального навантаження, визначаємо по[1];

$K_{пра}$  – коефіцієнт втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі;

$F$  - площа цеху, м<sup>2</sup>

$$P_{mo} = 0,02 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 400 = 6,4 \text{ (кВт)}.$$

Визначимо сумарну розрахункову активну потужність, кВт, квар:

$$P_p = P_{mc} + P_{mo}. \quad (2.16)$$

$$P_p = 22,3 + 6,4 = 28,7 \text{ (кВт)}.$$

Повна розрахункова потужність цеху визначається за формулою:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} \quad (\text{кВА}). \quad (2.17)$$

$$S_M = \sqrt{28,7^2 + 19,62^2} = 34,77 \quad \text{кВА}.$$

Для всіх інших цехів розрахунки будемо проводити аналогічно в табличній формі (табл. 2.2).

Розраховуємо максимально-розрахункову активну реактивну та повну потужності по заводу в цілому

а) активна потужність

$$P_{M,\Sigma} = k_o \cdot \sum_{i=1}^{15} P_{Mi} = 0,9 \cdot 324,21 = 291,79 \quad (\text{кВт}), \quad (2.18)$$

де  $k_o$  – коефіцієнт одночасності

б) реактивна потужність

$$Q_{M,\Sigma} = k_o \cdot \sum_{i=1}^{15} Q_{Mi} = 0,9 \cdot 241,85 = 217,67 \quad (\text{квар}), \quad (2.19)$$

в) повна потужність

$$S_{M,\Sigma} = \sqrt{P_{M,\Sigma}^2 + Q_{M,\Sigma}^2} = \sqrt{291,79^2 + 217,67^2} = 364,04 \quad (\text{кВ} \cdot \text{А}). \quad (2.20)$$

Таблиця 2.2 – Розрахунок навантажень підприємства

Назва цеху/об'єкту	$P_n(\text{кВт})$	$K_p$	$\cos(\alpha)$	$\text{tg}(\alpha)$	$P_m(\text{кВт})$	$Q_m(\text{квар})$	$F, \text{ м}^2$	$p \text{ пит.}$	$K_{пра}$	$K_{по}$	$P_{мо}$	$P_p(\text{кВт})$	$Q_p(\text{квар})$	$S_p(\text{кВа})$
Бункер №1	44,6	0,5	0,75	0,88	22,30	19,62	400	0,02	1	0,8	6,40	28,70	19,62	34,77
Бункер №2	12,15	0,5	0,75	0,88	6,08	5,35	400	0,02	1	0,7	5,60	11,68	5,35	12,85
Бункер №3	12,15	0,5	0,75	0,88	6,08	5,35	400	0,02	1	0,7	5,60	11,68	5,35	12,85
Зерно-сушилка АВМ	196,7	0,5	0,7	1,02	98,35	100,32	280	0,02	1	0,9	5,04	103,39	100,32	144,06
Зернотік	109,1	0,4	0,7	1,02	43,64	44,51	6400	0,01	1	0,6	38,40	82,04	44,51	93,34
Пилорама	50,6	0,4	0,7	1,02	20,24	20,65	170	0,01	1	0,8	1,36	21,60	20,65	29,88
Столярний цех	16,4	0,4	0,7	1,02	6,56	6,69	288	0,01	1	0,8	2,30	8,86	6,69	11,1
Кузня	5	0,3	0,7	1,02	1,50	1,53	308	0,01	1	0,9	2,77	4,27	1,53	4,54
Тракторна бригада	68,4	0,3	0,7	1,02	20,52	20,93	840	0,01	1,2	0,9	9,07	29,59	20,93	36,24
Бункер №4	38,4	0,5	0,75	0,88	19,20	16,90	400	0,01	1	0,8	3,20	22,40	16,90	28,06
	553,5				244,47	241,85	9886				77,34	324,21	241,85	364,04

## 2.2 Вибір і розміщення підстанцій

### 2.2.1 Вибір цехових трансформаторних підстанцій

При виборі числа трансформаторів на ТП слід враховувати, що одно трансформаторні цехові підстанції рекомендується застосовувати: при навантаженнях III і II категорій, які допускають у випадку аварії перерву живлення на час доставки і улаштування трансформатора зі складського резерву; при незначній (до 15-25%) потужності споживачів I категорії і можливості забезпечення резервування на вторинній напрузі від сусідньої підстанції.

Двотрансформаторні підстанції застосовуються якщо більшість споживачів I і II категорій, які не допускають перерви живлення на час заміни пошкодженого трансформатора.

Потужність і число цехових ТП істотно впливають на техніко-економічні показники як заводської, так і цехових мереж.

Визначимо загальне значення максимальної потужності цехів і їх загальну площу (значення взято з табл. 2.2):

$$S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n S_{MI}, \quad (2.21)$$

$$S_{\Sigma} = 364,04 \text{ (кВ} \cdot \text{А)},$$

$$F_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n F_I, \quad (2.22)$$

$$F_{\Sigma} = 9886 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Середнє питоме навантаження на 1 м<sup>2</sup> площі

$$S_{num} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}}, \quad (2.23)$$

$$S_{num} = \frac{364,04}{9886} = 0,037 \left( \frac{\text{кВ} \cdot \text{А}}{\text{м}^2} \right).$$

Із розрахунку видно, що середня густина розрахункового навантаження дорівнює  $0,037 \text{ кВА/м}^2$ . За такої густини розрахункового навантаження доцільно вибирати потужності трансформаторів значно менше 630 кВА. Тому будемо розраховувати на трансформатори потужністю 250 кВА та 400 кВА.

Отже, можна вибрати трансформаторні підстанції з  $S_{\text{ном.т}} = 250 \text{ кВА}$  або  $S_{\text{ном.т}} = 400 \text{ кВА}$ .

Розглянемо два варіанти:

1. При  $S_{\text{ек}} = S_{\text{ном.т}} = 250 \text{ кВА}$  число ТП

$$N_{\text{ек}} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{\text{ек}} \cdot k_3} = \frac{364,04}{250 \cdot (0,9 \div 0,95)} = 1,61 \div 1,53 \text{шт} \quad (2.24)$$

Отже, необхідно встановити два ТП-250 кВА.

2. При  $S_{\text{ек}} = S_{\text{ном.т}} = 400 \text{ кВА}$  число ТП

$$N_{\text{ек}} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{\text{ек}} \cdot k_3} = \frac{364,04}{400 \cdot (0,9 \div 0,95)} = 1,01 \div 0,96 \text{ (шт.)}. \quad (2.25)$$

В цьому випадку потрібно встановити одну ТП-400 кВА. Коефіцієнти завантаження трансформаторів приведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Вибір цехових ТП

Номер цеху	$S_{\text{м}}, \text{кВА}$	$S_{\text{ном.т.}} = 250 \text{ кВА}$		$S_{\text{ном.т.}} = 400 \text{кВА}$	
		N, шт	$k_3$	N, шт	$k_3$
1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	364,04	2	0,73	1	0,91

Враховуючи що на підприємстві є чотири бункери які відносяться до II категорії за вимогами до надійності сільських споживачів електроенергії, перерва в електропостачанні яких понад 3,5 години призводить до порушення виробничого процесу, зниженню виходу продукції та її частковому псуванню а відключення в години роботи електродоїльних апаратів взагалі недопустимі, обираємо перший варіант. Встановлюємо на підприємстві двотрансформаторну КТП з трансформаторами ТМ-250/10.

### 2.2.2 Вибір місць для розміщення підстанцій

Для вибору місць розташування підстанцій будується картограма та визначається центр електричних навантажень підприємства.

Картограма електричних навантажень - це схематичний генплан підприємства, в якому на площі окремих об'єктів наносяться навантаження з підрозділом за характером (силове, освітлювальне) у вигляді кіл, радіус яких визначається за формулою:

$$R_i = \sqrt{\frac{P_{pi}}{\pi m}}, \quad (2.26)$$

де  $m$  - масштаб картограми навантажень; кВт/м<sup>2</sup>;

Сектор кола картограми, що відповідає освітлювальному навантаженню, визначається:

$$\alpha_{осв\ i} = \frac{P_{po} \cdot 360}{P_m}, \quad (2.27)$$

де  $P_{po}$  - розрахункова потужність освітлювального навантаження, кВт;

$P_{pi}$  - розрахункова потужність силового навантаження, кВт.

Для прикладу розрахуємо радіус кола для елеватора:

Вибираємо масштаб побудови картограми навантажень.

Приймаємо радіус круга навантажень цеху №4  $r_2 \ll 50$  м.

Тоді

$$m_p = \frac{P_4}{\pi \cdot r_4^2} = \frac{103,39}{3,14 \cdot 50^2} = 0,0131 \left( \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2} \right). \quad (2.28)$$

Вибираємо  $m_p = 0,01$  кВт/м<sup>2</sup>;

Визначаємо радіуси кругів при даному масштабі:

$$r_i = \sqrt{\frac{28,7}{3,14 \cdot 0,01}} = 30,23 \text{ м}.$$

Розмір сектора освітлювального навантаження на картограмі навантажень розраховується так:

Розмір вказаного сектору для 1-го цеху:

$$\alpha^0 = \frac{360^0 \cdot P_{m.o.}}{P_m} = \frac{360^0 \cdot 6,4}{28,7} = 80,28^0.$$

ЦРП підприємства слід розміщувати якомога ближче до центру електричних навантажень, що дозволить зменшити втрати енергії та витрати провідникових матеріалів.

Центр електричних навантажень підприємства знаходиться за формулами:

$$x_o = \frac{\sum_{k=1}^N P_{mk} \cdot x_k}{\sum_{k=1}^N P_{mk}}, \quad y_o = \frac{\sum_{k=1}^N P_{mk} \cdot y_k}{\sum_{k=1}^N P_{mk}}, \quad (2.29)$$

де  $X_i, Y_i$  - координати центру навантажень  $i$ -го виробничого об'єкту.

Беремо величини  $P_m$ ; з табл.2.2, координати  $x$  і  $y$  з генплану і розраховуємо  $X_0, Y_0$

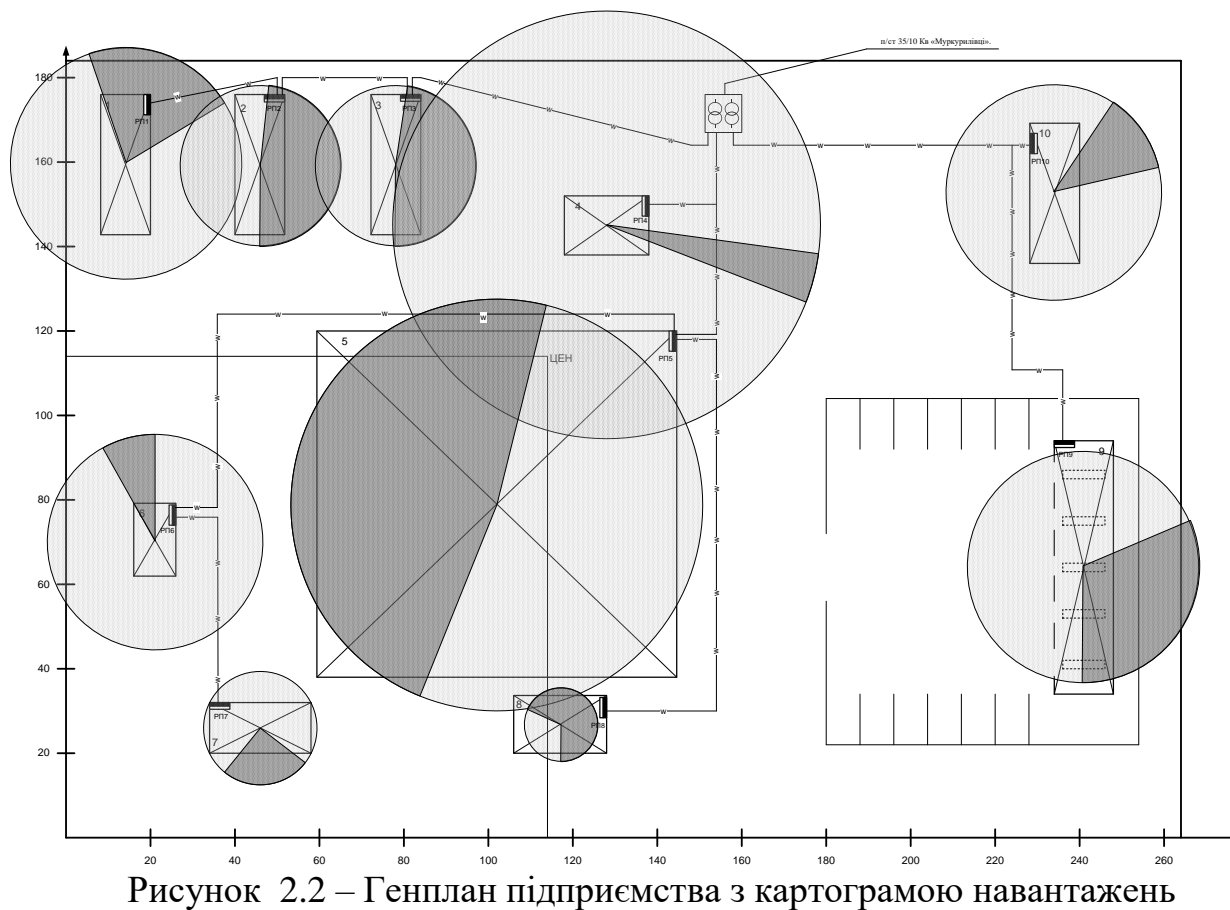
$$X = 114,56$$

$$Y = 113,96$$

Таблиця 2.4 – Розрахунок картограми електричних навантажень

№ п/п	Назва цеха	Рр. кВт	Рро. кВт	г, м	а, град
1	Бункер №1	28,70	6,40	30,23	80,28
2	Бункер №2	11,68	5,60	19,29	172,6
3	Бункер №3	11,68	5,60	19,29	172,6
4	Зерно-сушилка АВМ	103,39	5,04	57,38	17,55
5	Зернотік	82,04	38,40	51,11	168,5
6	Пилорама	21,60	1,36	26,23	22,6
7	Столярний цех	8,86	2,30	16,79	93,45
8	Кузня	4,27	2,77	11,66	233,5
9	Тракторна бригада	29,59	9,07	30,70	110,35
10	Бункер №4	22,40	3,20	26,70	51,43

Місце розташування центра електричних навантажень, що розраховано, показано на генплані підприємства (рис 2.2).



Розташувати КТП безпосередньо в ЦЕН неможливо, оскільки ця точка знаходиться на території зернотоку. Тому виберемо місце розташування КТП, змістивши її в сторону джерела живлення.



## 2.3 Вибір схем електропостачання

### 2.3.1 Вибір зовнішньої схеми електропостачання

Враховуючи, що споживає потужність підприємство невелику, а відстань до підстанції системи не значна (1,5 км), то втрати в лініях 10 кВ не набагато перевищують втрати в лініях 35 кВ, тому електропостачання підприємства здійснюємо на напрузі 10 кВ. Джерело живлення - підстанція 35/10 Кв «Муркурилівці». Живлення підприємства здійснюється по двухцепній повітряній лінії. Схема зовнішнього живлення приведена на рисунку 2.3.

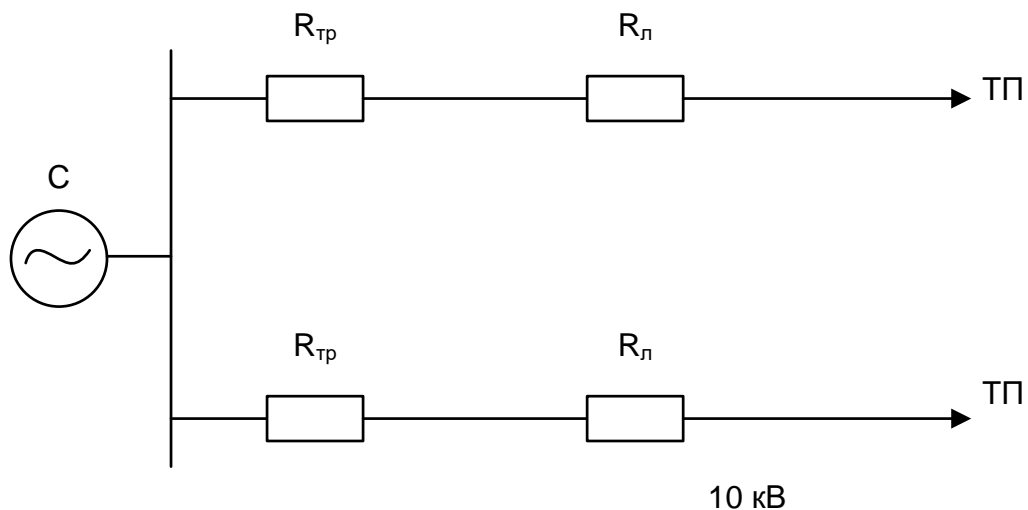


Рисунок 2.3 – Схема живлення підприємства.

$$I_p = \frac{S_p}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} \quad (2.30)$$

де  $I_p$  - розрахунковий струм лінії, А;

$S_p$  - повна розрахункова потужність підприємства, кВА;

$U_H$  - номінальна напруга кабелю, кВ.

$$I_p = \frac{364,04}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 10,5 \text{ А}.$$

Переріз живлячої лінії буде рівним, мм:

$$F = I_p / j_T, \quad (2.31)$$

де  $j_T = 1,3 \text{ А/мм}^2$  - економічна густина струму для неізолюваних проводів при  $T_m > 1000$  до 3000 год/рік. [9].

$$F = 10,5 / 1,3 = 8,1 \text{ мм}^2$$

Оптимальний переріз  $10 \text{ мм}^2$ . Згідно рекомендації з вибору марки та перерізу проводів для ВЛ 10 кВ, для різних кліматичних умов та з урахуванням необхідної міцності ліній, мінімальний переріз проводів марки АС є  $25 \text{ мм}^2$ . Обираємо провід марки АС-25.

### 2.3.2 Вибір схеми та основних елементів внутрішньої мережі

На підприємствах розташованих в сільській місцевості всі розподільні мережі 0,38/0,22 кВ в основному виконуються повітряними, тому що вони дешевше і простіше в монтажі й експлуатації, ніж кабельні.

Кабельні лінії в сільському енергопостачанні застосовуються для розподілу електроенергії на тваринницьких комплексах, птахофабриках та у випадках виключення використання повітряних ліній.

Враховуючи що на території об'єкту проектування знаходиться тваринницький комплекс який складається з чотирьох ферм а сам об'єкт розташований компактно на площі  $180 \times 260 \text{ м}$  використаємо в процесі проектування кабельні лінії.

Згідно ПУЕ прокладені на глибині 1- 2м кабелі 20 кВ та нижче (крім кабелів міських електромереж) допускається не захищати від механічних пошкоджень, тому при проектуванні кабельних ліній в сільській місцевості необхідно переважно використовувати полегшені кабелі з пластмасовою ізоляцією та оболонкою при прокладанні їх в траншеї. Такими кабелями є кабелі з індексом С для сільського господарства а саме кабель АВВГ-С який використовується для прокладання в кабельних спорудах, виробничих приміщеннях (враховуючі пожеже небезпечні) та в землі (траншеї). Кабелі прокладаються на трасах з необмеженою різницею рівнів та при температурі навколишнього середовища від  $+50^\circ\text{C}$  до  $-50^\circ\text{C}$  і мають переріз від 4 до  $240 \text{ мм}^2$ .

Виконання внутрішньої розподільчої мережі здійснюється магістрального, радіального або змішаного типу. Вибір схеми виконується на основі всебічного аналізу технічних і економічних показників.

Вибираємо змішану схему електропостачання (рис.2.4)

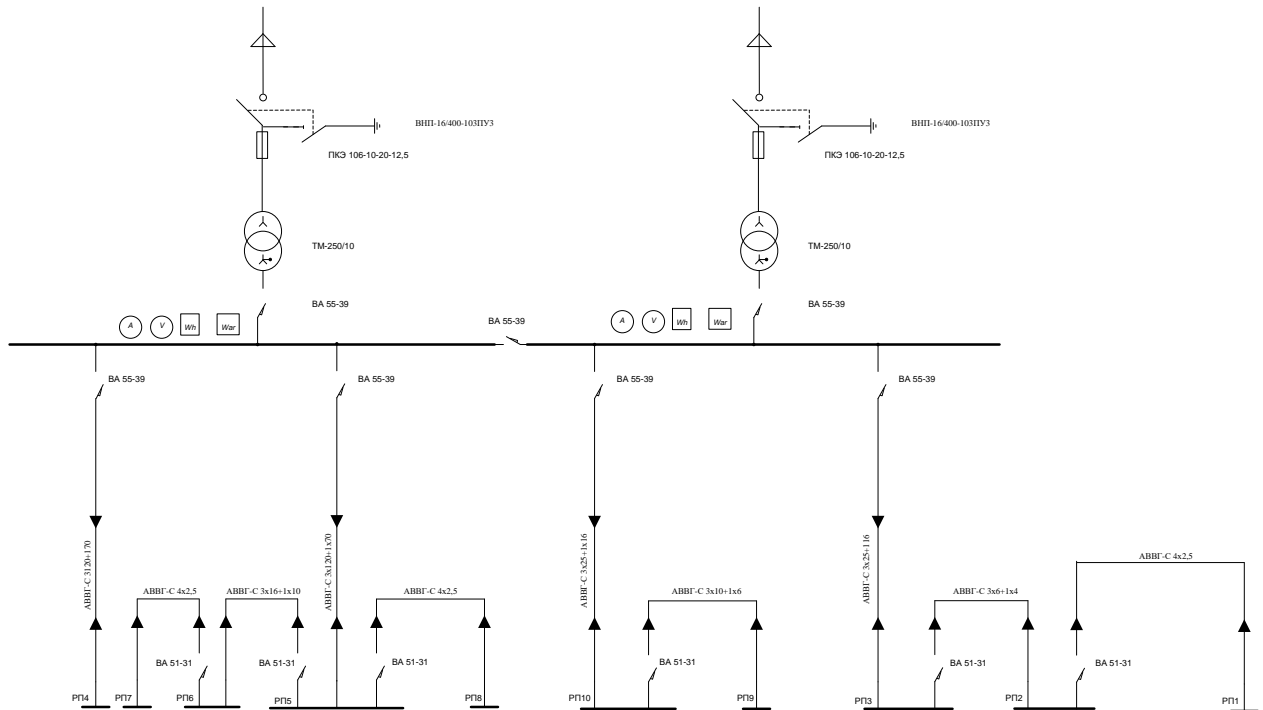


Рисунок 2.4 – Схема електропостачання підприємства

Вибір високовольтних вимикачів і перерізу провідників та вимикачів 0,38 кВ мережі підприємства

Вимикачі вибираються за номінальною напругою і розрахунковим струмом з врахуванням післяаварійних режимів.

$$\begin{aligned} U_{\text{ном.в}} &\geq U_{\text{ном.мережі}} \\ I_{\text{ном.в}} &\geq I_{\text{мах}} \end{aligned} \quad (2.3.2)$$

Визначимо струм для нормального і післяаварійного режимів для ліній живлення підприємства напругою 10 кВ:

$$\begin{aligned} I_M &= \frac{S_M}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{364,04}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 10,5 \text{ А}, \\ I_{\text{мах}} &= 2 \cdot I_M = 2 \cdot 10,5 = 21 \text{ А}. \end{aligned} \quad (2.33)$$

Для установки на стороні 10 кВ вибираємо вимикач навантаження типу

ВНП-10/400-103ПУЗ.

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{max}} \quad (2.34)$$

$$400 \text{ A} \geq 10,69 \text{ A}.$$

Визначаємо струми приєднання з максимальним навантаженням на 0,38кВ:

$$\text{КТП – РП4 } I_M = I_{\text{max}} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{144,06}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 218,87 \text{ (A)} \quad (2.35)$$

Для установки на стороні 0,38 кВ вибираємо селективний вимикачі ЕТІ ЕВ2 . Номінальний струм вимикачів  $I_{\text{ном.в.}} = 400\text{A} > I_{\text{max}}$ .

Для мережі підприємства 0,38 кВ вибираємо кабелі типу АВВГ-С по допустимому нагріву з урахуванням максимального струму і прокладаємо їх в землі (траншеях).

Результати розрахунків приведені в табл. 2.5. і 2.6

Таблиця 2.5 – Вибір високовольтних вимикачів.

Лінія	$I_M$ , А	$I_{\text{max}}$ , А	Вимикач	$I_{\text{ном.в.}}$ , А
ЕЕС-КТП	10,5	21	ВНП-10/400-103ПУЗ	400

Таблиця 2.6 – Вибір вимикачів і перерізу провідників мережі 0,38 кВ підприємства.

Лінія	$I_M$ , А	$I_{\text{max}}$ , А	Вимикач	$I_{\text{ном.в.}}$ , А	Провідник	$I_{\text{доп}}$ , А
КТП-РП3	91,87	91,87	ЕВ2 160/3S	160	АВВГ-С 3×25+1×16	105,8
РП3-РП2	39,05	39,05	ЕВ2 100/3S	100	АВВГ-С 3×6+1×4	42,3
РП2-РП1	19,53	19,53	ЕВ2 160/3S	100	АВВГ-С 4×4	35
КТП-РП4	218,87	218,87	ЕВ2 250/3S	250	АВВГ-С 3×120+1×70	271,4
КТП-РП5	210,97	210,97	ЕВ2 250/3S	250	АВВГ-С 3×120+1×70	271,4
РП5-РП8	6,9	6,9	ЕВ2 100/3S	100	АВВГ-С 4×4	35
РП5-РП6	62,26	62,26	ЕВ2 100/3S	100	АВВГ-С 3×16+1×10	82,8
РП6-РП7	16,86	16,86	ЕВ2 100/3S	100	АВВГ-С 4×4	35
КТП-РП10	97,69	97,69	ЕВ2 160/3S	160	АВВГ-С 3×25+1×16	105,8
РП10-РП9	55,06	55,06	ЕВ2 100/3S	100	АВВГ-С 3×10+1×6	64,4

### 2.3.4 Розрахунок струмів короткого замикання мережі підприємства

Розрахунок струмів короткого замикання виконується з метою перевірки вибраних вимикачів і провідників.

Складаємо схему заміщення (рис. 2.5).

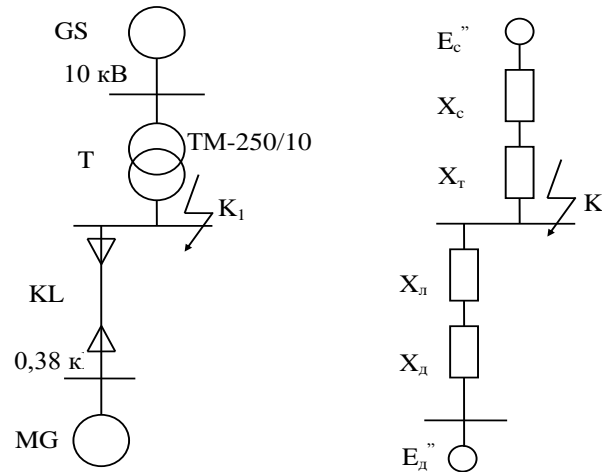


Рисунок 2.5 – Розрахункова схема і схема заміщення

Визначаємо опори елементів, що зведені до базисних умов:

$$x_c = \frac{S_{\delta}}{S_k} = \frac{100}{200} = 0,2; \quad (2.36)$$

$$x_m = \frac{U_k \%}{100} \cdot \frac{S_{\delta}}{S_{ном.м}} = \frac{4,5 \cdot 100}{100 \cdot 0,25} = 18; \quad (2.37)$$

$$x_{л1} = x_{ном} \cdot \ell \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{ср}^2} = 0,08 \cdot 0,024 \cdot \frac{100}{0,4^2} = 1,2; \quad (2.38)$$

Початкове діюче значення струму КЗ:

$$I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{ср}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ (кА)}. \quad (2.39)$$

$$I_{no.c} = \frac{E_c''}{x_c + x_m} \cdot I_{\delta} = \frac{1}{0,2 + 18} \cdot 5,5 = 3,02 \text{ кА}; \quad (2.40)$$

Періодична складова струму від системи не зміниться:

$$I_{птс} = I_{но.с} = 3,02 \text{ (кА)}. \quad (2.41)$$

Для визначення аперіодичності складової ударного струму і теплового імпульсу розраховуємо відносні опори елементів:

$$R_c \approx 0,1 \cdot x_c = 0,1 \cdot 0,2 = 0,02 .$$

$$R_m = \frac{\Delta P_{кз}}{S_{ном}} \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{S_{ном}} = \frac{3,7 \cdot 100}{250 \cdot 0,25} = 5,92 . \quad (2.42)$$

Постійна часу аперіодичної складової:

$$T_{ac} = \frac{x_c + x_m}{\omega \cdot (R_c + R_m)} = \frac{0,2 + 18}{314 \cdot (0,02 + 5,92)} = 0,009 \text{ (с)}. \quad (2.43)$$

Аперіодична складова струму КЗ при  $\tau = 0,09$  с:

$$i_{атс} = \sqrt{2} \cdot I_{но.с} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_{ac}}} = \sqrt{2} \cdot 3,02 \cdot e^{-\frac{0,09}{0,009}} = 0,0003 \text{ (кА)}. \quad (2.44)$$

Ударний струм КЗ:

$$i_{уд.с} = \sqrt{2} \cdot I_{но.с} \cdot \left( 1 + e^{-\frac{\tau}{T_{ac}}} \right) = \sqrt{2} \cdot 3,02 \cdot \left( 1 + e^{-\frac{0,01}{0,009}} \right) = 7,2 \text{ (кА)}. \quad (2.45)$$

Визначимо тепловий імпульс.

Час відключення КЗ:

$$t_{від} = t_{кз} + t_{нв} = 0,01 + 0,08 = 0,09 \text{ (с)}. \quad (2.46)$$

Тепловий імпульс:

$$B_k = I_{но.с}^2 \cdot (t_{від} + T_{асх}) = 3,02^2 \cdot (0,09 + 0,009) = 0,91 \text{ кА}^2\text{с}. \quad (2.46)$$

### 2.3.5 Перевірка вибраних вимикачів

Відповідно до ГОСТ 687 - 78 високовольтні вимикачі повинні бути перевірені на комутаційну здатність, на динамічну стійкість, а також на термічну стійкість до дії струмів КЗ.

Перевірку вибраних вимикачів і провідників покажемо на прикладі вибраного вимикача ВВП-10/400-103ПУЗ. Дані занесені у табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Перевірка вимикача ВВП-10/400-103ПУЗ

Умова вибору	Дані для вимикачів	Дані розрахунку
$I_{н.від} \geq I_{н\tau}$	$I_{н.від} = 20 \text{ кА}$	$I_{н\tau} = I_{н\tau c} = 3,02 \text{ кА}$
$\sqrt{2} \cdot I_{н.від} \cdot \left(1 + \frac{B_n}{100}\right) \geq \sqrt{2} \cdot I_{н\tau} + i_{a\tau}$	$\sqrt{2} \cdot I_{н.від} \cdot \left(1 + \frac{B_n}{100}\right) =$ $= \sqrt{2} \cdot 20 \cdot \left(1 + \frac{21}{100}\right) =$ $= 34,2 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot I_{н\tau} + i_{a\tau} =$ $= \sqrt{2} \cdot 6,46 + 2,48 =$ $= 9,84 \text{ кА}$
$i_{дин} \geq i_{y\delta}$	$i_{дин} = 15 \text{ кА}$	$i_{y\delta} = i_{y\delta.c} = 7,2 \text{ кА}$
$I_{дин} \geq I_{но}$	$I_{дин} = 8,7 \text{ кА}$	$I_{но} = I_{но.c} = 3,02 \text{ кА}$
$I_m^2 \cdot t_m \geq B_k$	$I_m^2 \cdot t_m = 8,7^2 \cdot 1 = 75,69 \text{ кА}^2 \text{с}$	$B_k = 2,56 \text{ кА}^2 \text{с}$

Даний вимикач задовольняє усім умовам перевірки.

## 2.4 Розрахунок цехового електропостачання

### 2.4.1 Вибір схеми і конструктивного виконання цехової мережі

В залежності від схеми цехові мережі поділяють на радіальні, магістральні і змішані.

Радіальними називають мережі, в яких для передачі електричної енергії до споживача використовується окрема лінія.

Магістральними називають мережі, в яких для передачі електроенергії до декількох споживачів використовується одна лінія електропередачі.

На основі аналізу розміщення технологічного обладнання вибираємо радіальну схему цехової мережі (рис. 2.6). Передбачається використання двох розподільчих пунктів; кабелі від головного цехового розподільчого пункту до РП прокладені відкрито на лотках, які закріплені на стінах. Приєднання ЕП здійснюється проводом марки АПВ в трубах.

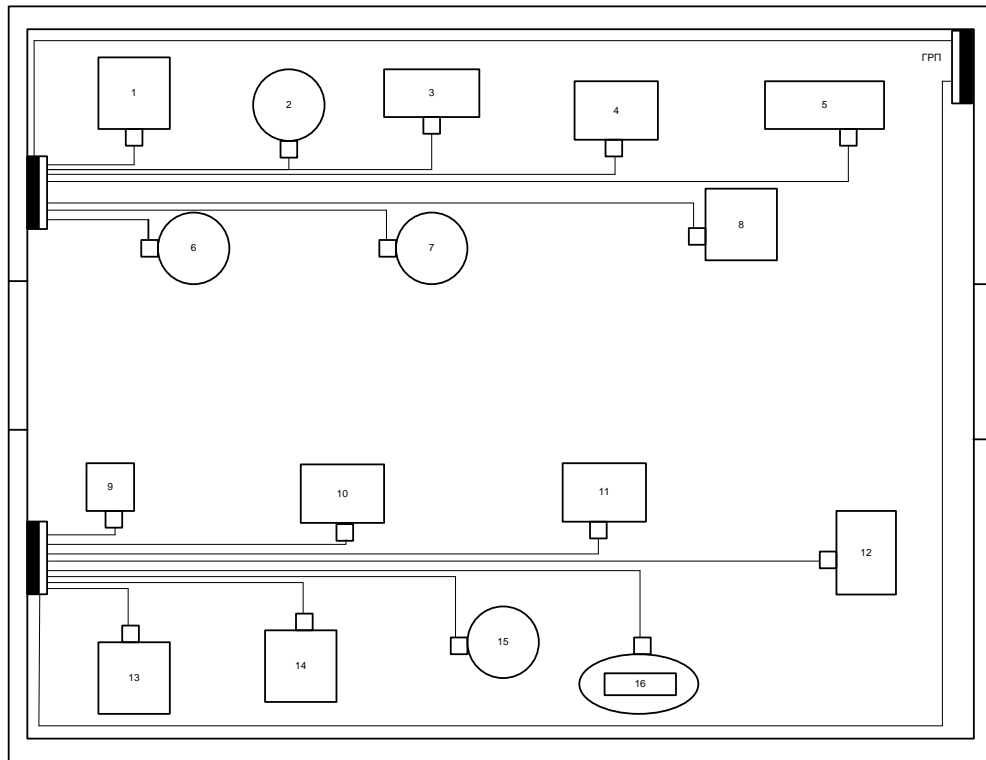


Рисунок 2.6 – План зерносушарки АВМ

#### 2.4.2 Вибір комутаційно-захисної апаратури і провідників

Вибираємо комутаційно-захисну апаратуру від ліній ГРП до РП. Для захисту цих ліній передбачено використання селективних вимикачів ЕТІ ЕВ2.

Лінія ГРП - РП1.

Розрахунковий максимальний струм:

$$I_M = S_M / \sqrt{3} \cdot U_H = 86,13 \cdot 10^3 / \sqrt{3} \cdot 380 = 130,9 \text{ (A)}, \quad (2.47)$$

де  $S_M = 86,13$  кВА розрахункова максимальна потужність на РП1.



Найбільший пусковий струм:

$$I_{\text{пmax}} = 5 \cdot I_{\text{нmax}} = 5 \cdot 75,97 = 379,8 \text{ (A)}, \quad (2.48)$$

де  $I_{\text{нmax}}$  - номінальний струм ЕП, пусковий струм якого найбільший.

$$I_{\text{нmax}} = \frac{P_{\text{нmax}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot \text{Cos}\phi_{\text{н}}} = \frac{40}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 75,97 \text{ (A)}. \quad (2.49)$$

Піковий струм лінії ГРП-РП1:

$$I_{\text{п}} \ll I_{\text{м}} + I_{\text{пmax}} = 130,9 + 379,8 = 510,7 \text{ (A)}. \quad (2.50)$$

Вибираємо автоматичний вимикач ЕТІ ЕВ2160/3S з номінальним струмом  $I_{\text{ном.в.}} = 160 \text{ A}$  і номінальним струмом розчеплювача:

$$I_{\text{ном.розч.}} = 160 \text{ A} > K_{\text{відс.}} \cdot I_{\text{м}} = 1,1 \cdot 130,9 = 143,99 \text{ (A)}, \quad (2.51)$$

де  $K_{\text{відс.}}$  - коефіцієнт відсічки для вимикачів типу ЕВ2160/3S дорівнює 1.1 [9].

Струм спрацювання відсічки:

$$I_{\text{с.в.}} = 800 > K_{\text{н}} \cdot I_{\text{п}} = 1,5 \cdot 510,7 = 766,05 \text{ (A)}, \quad (2.52)$$

де  $K_{\text{н}}$  - коефіцієнт надійності відстройки струмової відсічки для вимикачів типу ЕВ2160/3S  $K_{\text{н}} = 1,5$  [9].

Вибираємо найменший час спрацювання відсічки  $t_{\text{св}} = 0,1 \text{ с}$ . Для ЕВ2160/3S струм спрацювання миттєвого розчеплювача 47,5 кА [9]. Вибираємо кабель типу АВВГ 3×120+1×50 (прокладання відкрите, кріплення за допомогою скоб).

$$I_{\text{доп}} = 0.92 \cdot 200 = 184 \text{ А [2]}.$$

$I_{\text{доп}} > I_{\text{ном.розч}} = 184 \text{ А} > 160 \text{ А}$  що є припустимим при перевірці захищеності лінії.

Результати розрахунків зводимо в табл. 2.8.

Перевіримо вибрані перерізи за допустимими втратами напруги, наприклад, на затискачах гідравлічного пресу:

Втрати напруги в лінії ГРП-РП1:

$$\Delta U_1 = l \cdot \frac{P_m \cdot R_{\text{num}} + Q_m \cdot X_{\text{num}}}{U_n} = 23 \cdot \frac{68,69 \cdot 0.443 + 51,96 \cdot 0.086}{380} = 2.11 \text{ (В)}. \quad (2.53)$$

Втрати напруги в лінії РП1-ЕП-8:

$$\Delta U_2 = l \cdot \frac{P_m \cdot R_{\text{num}} + Q_m \cdot X_{\text{num}}}{U_n} = 16 \cdot \frac{11 \cdot 2.4 + 9,68 \cdot 0.084}{380} = 1.458 \text{ (В)}.$$

Таким чином, загальні втрати напруги:

$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 = 2.11 + 1.458 = 3,26 \text{ В}, \quad (2.54)$$

що є меншим допустимого значення 5% ( 19В ).

Таблиця 2.8 – Вибір комутаційно-захисної апаратури і провідників цехової мережі

Лінія	$I_m, A$	$I_{п}, A$	Тип захисного апарата	$I_{ном.в} A$	$I_{нр}, A$	$I_{нв}, A$	$I_{св}, A$	Тип провідника	Спосіб прокладання	$S, \text{мм}^2$	$I_{доп}, A$	$L, м$
ГРП-РП1	130,9	510,7	ЕВ2 160/3S	160	160	47.5	800	АВВГ	відкрите	3×120+1×50	184	23
ГРП-РП2	105,7	531,12	ЕВ2 160/3S	160	128	47.5	896	АВВГ	відкрите	3×70+1×35	128,8	37
РП1-ЕП1	7,6	38	ЕВ2 100/3S	25	8	6	80	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	19	2
РП1-ЕП2	75,97	379,85	ЕВ2 100/3S	100	80	6	800	АПВ	в трубах	4(1x35)	85	4
РП1-ЕП3	4,18	20,9	ЕВ2 100/3S	25	6,3	6	44,1	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	19	6
РП1-ЕП4	8,1	40,5	ЕВ2 100/3S	25	10	6	100	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	19	8
РП1-ЕП5	4,18	20,9	ЕВ2 100/3S	25	6,3	6	44,1	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	19	10
РП1-ЕП6	49,38	246,9	ЕВ2 100/3S	100	63	6	630	АПВ	в трубах	4(1x25)	70	12
РП1-ЕП7	24,3	121,5	ЕВ2 100/3S	100	31,5	6	315	АПВ	в трубах	4(1x8)	37	14
РП1-ЕП8	44,57	222,85	ЕВ2 100/3S	100	50	6	500	АПВ	в трубах	4(1x16)	55	16
РП2-ЕП9	7,6	38	ЕВ2 100/3S	25	8	6	80	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	19	2
РП2-ЕП10	5,7	28,5	ЕВ2 100/3S	25	6,3	6	63	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	19	4
РП2-ЕП11	5,7	28,5	ЕВ2 100/3S	25	6,3	6	63	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	19	6
РП3-ЕП12	5,7	28,5	ЕВ2 100/3S	25	6,3	6	63	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	19	8
РП3-ЕП13	2,09	10,45	ЕВ2 100/3S	25	6,3	6	44,1	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	19	10
РП3-ЕП14	4,18	20,9	ЕВ2 100/3S	25	6,3	6	44,1	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	19	12
РП3-ЕП15	49,38	246,9	ЕВ2 100/3S	100	63	6	630	АПВ	в трубах	4(1x25)	70	14
РП3-ЕП16	85,08	425,42	ЕВ2 100/3S	100	100	6	1000	АПВ	в трубах	4(1x50)	120	16

### 2.4.3 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В

Складаємо розрахункову схему (рис. 2.7):

$S_{\text{ном.т}} = 250 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ . Опори трансформатора:  $R_{\text{т}} = 9,4 \text{ мОм}$ ,  $X_{\text{т}} = 27,2 \text{ мОм}$ .

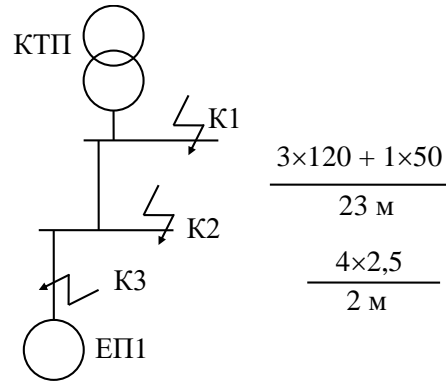


Рисунок 2.7 – Розрахункова схема для визначення струмів КЗ

Струм трифазного КЗ на шинах КТП від системи:

$$I_{\text{к1с}}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{9,4^2 + 27,2^2}} = 8,01 \text{ (кА)}. \quad (2.55)$$

Струм КЗ, зумовлений гальмуванням електродвигунів:

$$I_{\text{к1д}}^{(3)} = 2,29 \cdot \frac{S_{\text{ном.т}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = 2,29 \cdot \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 380} = 0,87 \text{ (кА)}. \quad (2.56)$$

Максимальне значення струму КЗ на шинах ТП:

$$I_{\text{к1}}^{(3)} = I_{\text{к1с}}^{(3)} + I_{\text{к1д}}^{(3)} = 8,01 + 0,87 = 8,88 \text{ (кА)}. \quad (2.57)$$

Отже, вимикачі, вибрані для установки, відповідають умовам комутаційної здатності ( $I_{\text{н.відкл}} = 47,5 \text{ кА}$ )

Максимальне значення струму трифазного КЗ на РП:

$$I_{\text{к2}}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_{\text{т}} + R_{\text{шт}} \cdot 1)^2 + (X_{\text{т}} + X_{\text{шт}} \cdot 1)^2}} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(9,4 + 0,320 \cdot 23)^2 + (27,2 + 0,064 \cdot 23)^2}} = 0,41 \text{ (кА)}$$

Отже, вимикач ВА 51-31 задовольняє умові комутаційної здатності:

$$I_{\text{н.відк}} \geq I_{\text{к2}}^{(3)}.$$

Перевіримо можливість його використання за середнім струмом КЗ.

Визначимо значення трифазного струму КЗ з врахуванням струмо-обмежуючої дії дуги:

$$I_{\text{KR}2}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_{\text{T}} + R_{\text{II}} + R_{\text{III}} \cdot 1)^2 + (X_{\text{T}} + X_{\text{III}} \cdot 1)^2}} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(9,4 + 3,4 + 0,320 \cdot 23)^2 + (27,2 + 0,064 \cdot 23)^2}} = 0,406 \text{ (кА)}.$$

Середнє значення струмів трифазного КЗ в точці К2:

$$I_{\text{к.сеп}2}^{(3)} = \frac{I_{\text{к}2}^{(3)} + I_{\text{KR}2}^{(3)}}{2} = \frac{0,41 + 0,406}{2} = 0,408 \text{ (кА)}.$$

Таким чином, за середнім значенням струму КЗ автомат теж проходить.

Перевіримо термічну стійкість кабелів до дії струмів КЗ. Мінімальний переріз кабельних ліній:

$$S_{\text{min}} = \frac{I_{\text{к}1}^{(3)} \cdot \sqrt{t_{\text{відкл}}}}{C_{\text{T}}} \cdot 1000 = \frac{8,88 \cdot \sqrt{0,14}}{92} \cdot 1000 = 36,12 \text{ (мм}^2\text{)}, \quad (2.58)$$

де  $t_{\text{відкл}} = t_{\text{с.в}} + t_{\text{д}} + T_{\text{а}} = 0,1 + 0,01 + 0,03 = 0,14 \text{ с};$

Вибрані кабелі задовольняють умові термічної стійкості.

Розрахуємо струм однофазного КЗ на кінці лінії РП – РП2:

$$I_{\text{к}2}^{(1)} = \frac{U_{\text{ф.ном}}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{\text{ф-н}} \cdot 1} = \frac{220}{\frac{30,1}{3} + 1,05 \cdot 23} = 6,44 \text{ (кА)}. \quad (2.59)$$

$$Z_{\Sigma}^{(1)} = \sqrt{(2 \cdot R_{\text{T}} + R_{\text{от}})^2 + (2 \cdot X_{\text{M}} + X_{\text{от}})^2} = \sqrt{(9,4 + 3,4)^2 + (27,2)^2} = 30,1 \text{ (мОм)}.$$

Струм однофазного КЗ в цій точці з врахуванням перехідного опору:

$$I_{\text{KR}2}^{(1)} = \frac{U_{\text{ф.ном}}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{\text{ф-н}} \cdot 1} = \frac{220}{\frac{172,8}{3} + 1,05 \cdot 23} = 2,69 \text{ (кА)}, \quad (2.60)$$

$$Z_{\Sigma}^{(1)} = \sqrt{(2 \cdot R_{\text{T}} + R_{\text{от}} + 3 \cdot R_{\text{II}})^2 + (2 \cdot X_{\text{M}} + X_{\text{от}})^2} = \sqrt{(9,4 + 151 + 3 \cdot 3,4)^2 + (27,2)^2} = 172,8 \text{ (мОм)}.$$

Струм однофазного КЗ на затискачах РП1:

$$I_{\text{к}3}^{(1)} = \frac{U_{\text{ф.ном}}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{\text{ф-н}} \cdot 1} = \frac{220}{\frac{30,1}{3} + 1,05 \cdot 23 + 29,64 \cdot 2} = 2,35 \text{ (кА)}. \quad (2.61)$$

### 3 Дослідження використання електричної енергії в аграрному виробництві та її економії

Енергетична революція в сільському господарстві промислово розвинутих країн, дешеві і наявні в достатку джерела енергії (електроенергія й органічне паливо) дозволили промисловим країнам створити сільськогосподарське виробництво, засноване на механізації, інтенсивному використанні хімікалій (добрива, гербіциди, пестициди) і іригаційних системах. Усе це привело до помітного збільшення сільськогосподарської продукції.

Розвиток сільськогосподарського виробництва призвів до зменшення основних розходжень між сільським господарством і промисловістю. Сільське господарство сьогодні можна розглядати як одну з форм промислового виробництва, а сільськогосподарські ферми — як «фабрики на полях».

#### Електронагрівальні установки

На тваринницьких фермах використовується значна кількість теплоти у вигляді пари, гарячої води й нагрітого повітря.

Найбільше значення має електрифікація таких теплових процесів, як підігрівання води для приготування кормів, миття посуду й догляду за тваринами; запарювання кормів; сушіння сіна й приготування сінного борошна; пастеризація молока й молочних продуктів; інкубація яєць та утримання молодняка птиці в брудерах; обігрівання маточних свинарників і пташників.

#### Електричні водонагрівачі, їхня будова й робота

На великих тваринницьких фермах витрачається багато гарячої води на приготування кормів, миття молочного посуду, доїльних апаратів, для підмивання вим'я корів та на інші виробничі потреби.

В електрифікованих господарствах воду нагрівають за допомогою електричних водонагрівачів.

В сучасному виробництві широко застосовуються електричні водонагрівачі-термоси ВЗТ-200 і ВЗТ-400 та проточні електричні водонагрівачі.

Потужність водонагрівача ВЗТ-200 становить 5,4, а ВЗТ-400 — 12 кВт. Напруга живлення 380/220 В.

Водонагрівач ВЗТ-200 (рис. 3.1) складається із сталюого резервуара місткістю 200 л, у нижній частині якого розміщені нагрівні елементи. Нижній патрубок водонагрівача під'єднаний до водопровідної мережі через запірний вентиль, зворотний клапан і два відрізки гумового шланга, які ізолюють водонагрівач від водопроводу. Корпус водонагрівача заземлюють.

Для забору гарячої води призначена верхня труба. При такій будові резервуар водонагрівача завжди заповнений водою. Щоб набрати гарячої води, треба відкрити нижній кран. При цьому холодна вода, надходячи в бак, витісняє через верхню трубу гарячу воду.

Автоматичне вимикання нагрівних елементів здійснюється за допомогою температурного реле. Реле настроюють так, щоб воно розмикало свої контакти, коли вода нагріється до потрібної температури. Реле (рис. 3.2) складається з біметалевої пластинки, один кінець якої прикріплений до корпусу, а другий з'єднаний з валиком, на якому встановлений ртутний перемикач.

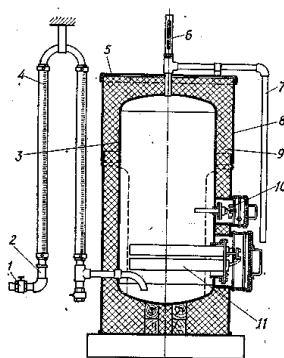


Рисунок 3.1 – Електричний водонагрівач ВЗТ-200

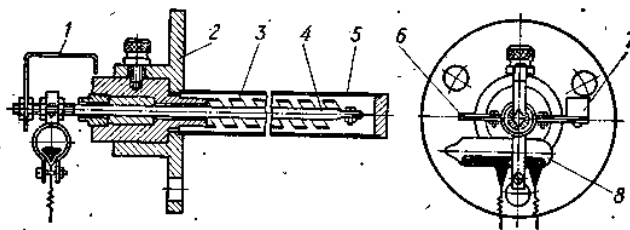


Рисунок 3.2 – Температурне реле

Перед ввімкненням водонагрівач заповнюють водою доти, поки вона не потече через верхню забірну трубу. Після цього вмикають рубильник. Через замкнуті контакти температурного реле вмикається котушка магнітного пускача, який у свою чергу вмикає нагрівні елементи.

У міру нагрівання води біметалева пластинка температурного реле закручується і повертає валик з Г-подібним пальцем. Палець нахиляє ртутний перемикач, і ртуть, перелившись, розмикає контакти в колі котушки магнітного пускача. Магнітний пускач при цьому вимикає нагрівні елементи. Якщо гарячу воду швидко вилити, холодна вода, що надходить з водопроводу, охолодить реле, яке знову увімкне магнітний пускач; і нагрівні елементи. Таким чином у водонагрівачу підтримується задана температура. Тривалість нагрівання 200 л води до  $80^{\circ}\text{C}$  становить в середньому 4 год.

Для зменшення втрат тепла простір між резервуаром і кожухом заповнений теплоізоляційним матеріалом — шлаковатою.

Промисловість почала випуск уніфікованих акумуляційних електронагрівачів серії УАП замість ВЗТ. Водонагрівачі місткістю 50 і 100 л —однофазні, а місткістю 200, 300, 400, 600, 800 і 1600 л —трифазні, потужність кожного з яких становить 2 кВт.

У водонагрівачах проточного типу нагрівається невелика кількість води, але тривалість нагрівання коротка.

Наша промисловість випускає проточні електричні водонагрівачі типу ВНС-600/0,2. Цей водонагрівач має потужність 12 кВт при напрузі 380/220 В. Вода нагрівається тенами, вмонтованими в циліндричний корпус.



Продуктивність водонагрівача 120 літрів за годину води, нагрітої до температури 90°C.

Електрокалорифери.

У великих кормоцехах, свинарниках-маточниках і телятниках останнім часом широко використовують вентиляцію з механічним збудником і підігріванням повітря у спеціальних установках, які називаються калориферами. Нагнітаючи нагріте повітря, в приміщенні створюють повітряний підпір, який стримує проникнення зовнішнього холодного повітря у приміщення крізь нещільності вікон і дверей. Це захищає людей і тварин від простудних захворювань у зимовий час.

Калорифери бувають вогневі, водяні, парові й електричні. В електрифікованих господарствах найчастіше використовують електрокалорифери, які мають ряд переваг у порівнянні з іншими, а саме: коефіцієнт корисної дії їх близький до одиниці, нескладна й компактна конструкція, простота регулювання та обслуговування.

Повітрянагрівний агрегат АОП-50 продуктивністю 58 кВт складається з лопатей вентилятора, насаджених на вал електродвигуна, пластинчастого калорифера, жалюзійної решітки і кожуха.

Нагрівні елементи найчастіше виготовляють із сталюого оцинкованого дроту діаметром 1...2 мм, який під дією струму нагрівається до 250...300°C.

Електрокалорифер здебільшого має шість нагрівних елементів, три з яких з'єднані трикутником або зіркою і ввімкнені в мережу одночасно триполюсним рубильником. Три інших відіграють роль регулювальних нагрівних елементів, які вмикаються однополюсними рубильниками.

Електродвигун і всю установку калорифера вмикають у мережу за допомогою магнітних пускачів, що дає змогу автоматизувати роботу установки.

Кнопки «Пуск» магнітного пускача двигуна і загального магнітного пускача, мають відповідне електричне блокування, чим усувається можливість

роздільного ввімкнення калорифера й вентилятора. Ввімкнення калорифера без вентилятора могло б призвести до перегорання калорифера.

За допомогою теплових реле здійснюється контроль і автоматичне вимикання установки, якщо перегрівається калорифер або повітря, яке він нагріває. Теплові реле, які встановлюються на кожусі калорифера і в повітропроводі, при надмірному підвищенні температури розривають коло котушок електромагнітів магнітних пускачів і вимикають установку.

Регулювання нагріву повітря здійснюється повторним ввімкненням секцій калорифера або засувкою, якою змінюють кількість повітря, що надходить у калорифер.

Для контролювання температури повітря в повітропроводі встановлено звичайний ртутний термометр.

Від перевантаження двигун захищений тепловим реле магнітного пускача, а від струмів короткого замикання — плавкими запобіжниками.

Широке застосування знаходять електрокалорифери серії СФО з трубчастими нагрівними елементами. Вони мають потужність від 25 до 250 кВт і призначені для нагрівання повітря до 100°C. Складаються з калорифера і щита керування. До складу калорифера входять сталевий кожух і нагрівні елементи, розміщені в середині кожуха в чотири ряди й розділені на чотири самостійні секції однакової потужності.

Керування електрокалориферами може бути ручне й автоматичне. Апарати керування розміщені в щиті типу ЩУ СФО.

Електродвигун і вентилятор є обов'язковими, але в комплект поставки не входять.

Для підвищення безпеки експлуатації електрокалориферної установки всі її каркаси й кожухи треба заземлити.

Встановлена потужність калорифера дорівнює 0,9 кВт на одну свиноматку.

Річна витрата електроенергії на обігрів пташника становить 8... ..10 кВт-год на одну курку-несучку. Несучість курей при застосуванні калориферів підвищується на 20...40% порівняно з несучістю при утриманні птиці у пташниках без підігрівання повітря.

### Електробрудери

На птахофабриках у колгоспах і радгоспах для обігрівання курчат після їх виведення в інкубаторі застосовують спеціальні пристрої — брудери. За способом обігрівання брудери бувають вогневі (пічні), парові й електричні. Найкращі умови для утримання курчат створюються в електричних брудерах.

Електричні брудери розраховані на обігрівання 250, 500, 1000 курчат. На одне курча протягом 60 днів витрачається в середньому 1...1,5 кВт-год електроенергії.

Зонтовий підвісний брудер має вигляд шестигранної зрізаної піраміди. В ньому є два отвори з кришками для вентиляції. Нижня діагональ піраміди 1200, верхня 400, а висота 900 мм.

На відстані 10 см від нижнього краю зонта (25 см від підлоги) є металева сітка, а над нею — спіральний дротяний нагрівник з двох паралельних кіл. Одне коло вмикається безпосередньо в мережу, а друге — через терморегулятор. Загальна потужність брудера становить близько 400 Вт. Замість дротяних нагрівників можна встановлювати лампи розжарювання або спеціальні покриті склом опори такої самої потужності.

Брудери підвішують до стелі на спеціальній підвісці, яка складається з трьох тяг, троса, гачка і двох блоків. У робочому положенні брудер стоїть на ніжках на підлозі, і курчата можуть грітися, під ним і біля нього. Якщо брудери не потрібні, їх піднімають угору. Залежно від виду й віку молодняка під брудером підтримують відповідний температурний режим.

Температура нагрівних елементів під зонтом брудера регулюється автоматично спеціальним температурним реле. Площа обігріву одного брудера

становить 2,2 м<sup>2</sup>. Протягом доби один брудер споживає 8...10 кВт-год електроенергії при температурі повітря в приміщенні 17... 18°C.

Електричні брудери марки БИ-500 замість нагрівних елементів мають лампи інфрачервоного випромінювання. Частина: ламп ввімкнена постійно, а решта вмикається і вимикається автоматично. Перевага такого обігрівання полягає в тому, що курчата знаходяться в полі зору обслуговуючого персоналу.

Під лампами є зони з різною температурою. Брудер БИ-500 витрачає енергії більше, ніж брудер з нагрівними елементами.

Початкова висота підвішування ламп над рівнем підлоги 45 см. Протягом п'яти тижнів її щотижня збільшують на 5 см.

При клітковому вирощуванні курчат електричні брудери вмонтовані в кожний ярус кліткових батарей КБЗ-1 і КБЗ-1А.

У п'ятиярусній клітковій батареї КБЗ-1 на 1300 курчат є 20 брудерів загальною встановленою потужністю 4 кВт, в КБЗ-1А — 30 брудерів загальною потужністю 6 кВт.

У приміщеннях для вирощування курчат можна обігрівати й підлогу. В цьому разі нагрівний кабель прокладають у бетонній підлозі. Хоч цей спосіб обігріву й дорожчий від інших, його застосування виправдовується: підстилка підтримується в сухому стані, бетонна підлога акумулює тепло, що є значним резервом на випадок перебоїв у електропостачанні.

Питома потужність на 1 м<sup>2</sup> підлоги становить 200...250 Вт.

#### Інкубатори

Для інкубації яєць і виведення молодняка птиці використовуються інкубатори. В них створюються й автоматично підтримуються необхідні для нормального розвитку ембріона в яйці температура, вологість, вентиляція з примусовою циркуляцією повітря в камері, а також періодичне повертання яєць.

Найсприятливішою для інтенсивного розвитку ембріона є температура  $37,2^{\circ}\text{C}$  з відхиленням  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ . Прогріваються яйця закритими електричними стрічковими нагрівниками по дві пари на одну шафу. Вмикаються і вимикаються нагрівники за допомогою температурних реле і ртутно-магнітних вимикачів.

Відносну вологість підтримують на рівні 50...54%, а під час виведення її підвищують до 68 %. Вологість повітря в кожній шафі підтримують за допомогою реле зволоження, соленоїдного клапана й зволожувача.

Датчиком вологості повітря є віскозна тканина, яка при висиханні скорочується і відповідно замикає або розмикає контакти реле зволоження. При замиканні контактів вмикається соленоїдний клапан, що подає воду на диск тканинного розбризкувача, який разом з вентилятором приводиться в рух електродвигуном.

Вентилятори призначені для перемішування повітря в шафі. Свіже повітря надходить в інкубатор через засувки й відводиться через отвори у верхніх панелях.

Для періодичного повертання лотків з яйцями на кут  $45^{\circ}$  в обидва боки передбачено електродвигун з автоматичним вмиканням і вимиканням. Механізм повороту складається з електродвигуна й редуктора, який через муфту приводить у дію вал з черв'яком. При обертанні черв'як повертає зубчастий сектор, який у крайніх положеннях натискає на кінцеві вимикачі. Кінцеві вимикачі за допомогою проміжних реле вмикають електродвигун на зворотне обертання ротора.

Тепер замість інкубаторів «Універсал-45» випускають інкубатори «Універсал-50М» (скорочено У-50М). Цей інкубатор складається з інкубаційного та вивідного корпусів інкубаційний корпус має три однакові шафи, а вивідний — одну. Шафи складені з дерев'яних панелей.

Живлення інкубаторів здійснюється від трифазної мережі напругою 220/380 або 127/220 В при частоті 50 Гц. Електрична схема забезпечує захист

від струмів короткого замикання, контроль напруги, захист від роботи на двох фазах та аварійну сигналізацію. Електрична апаратура для керування роботою електрообладнання окремих шаф розміщена в кожній з них.

Під час роботи з електронагрівальними установками слід додержувати правил техніки безпеки. Насамперед електронагрівальні установки треба монтувати згідно з «Правилами устроювання електроустановок». Корпуси електронагрівальних установок заземлюють. Всі нагріті та рухомі частини (вентилятори) обладнують захисними огороженнями, щоб до них не могли проникнути людина чи тварина. У водонагрівачах встановлюють Ізоляційні гумові трубки на вході й виході води, щоб запобігти перенесенню потенціалів до напувалок чи у водопровідну мережу.

#### Електричне освітлення

##### Основні поняття і величини світлотехніки

У тваринництві й птахівництві електричну енергію широко використовують для освітлення приміщень і опромінювання тварин.

Освітлення виробничих приміщень дає змогу виконувати ряд робіт у нічний час, поліпшує якість їх виконання, сприяє підвищенню продуктивності праці, зменшує стомлюваність людей, значно скорочує кількість нещасних випадків, підвищує продуктивність тварин і птиці.

Електричні джерела світла. Лампи розжарювання і люмінесцентні лампи.

Електричні джерела світла за своїми фізичними ознаками поділяються на електричні лампи розжарювання і газорозрядні (люмінесцентні) лампи.

Лампа розжарювання — це джерело штучного світла, яке працює на принципі температурного випромінювання.

Залежно від типу ламп нитка розжарювання може бути одно-, дво- і триспиральною. Температура розжарювання вольфрамової нитки досягає 2500...2700°C. На відміну від спектра денного світла, у спектрі ламп розжарювання переважають жовті й червоні промені. Поряд з видимими променями

лампи розжарювання випромінюють невидимі інфрачервоні (теплові) й ультрафіолетові промені.

Наша промисловість випускає лампи різної потужності на різні напруги. Різняться лампи розмірами, формою колб, цоколями. Лампи потужністю до 40Вт — вакуумні типу НВ, лампи більшої потужності — газонаповнені типу НГ. Як наповнювач застосовують суміш газів аргону й азоту.

Більш економічні малогабаритні лампи розжарювання, колби яких наповнені газом криптоном.

Дзеркальні лампи розжарювання типу ЗН застосовуються в тваринництві для освітлення високих приміщень, а також для обігрівання молодняка. Балони цих ламп мають параболічну форму. Внутрішня поверхня балонів частково покрита дзеркальним шаром, завдяки чому 40% всього світлового потоку лампи випромінюється концентровано в зоні просторового кута, який дорівнює  $40^\circ$  від осі лампи.

Основними параметрами лампи розжарювання є: номінальна напруга й потужність, яка споживається з електричної мережі, світловий потік, світлова віддача і строк служби.

Середній строк служби ламп розжарювання при номінальній напрузі становить 1000 год. При збільшенні напруги строк служби лампи різко скорочується. Так, при збільшенні напруги на 1% вище номінальної світловий потік лампи зростає на 4%, потужність і світловіддача зростають на 2%, а строк служби скорочується на 15...20%.

Проте навіть найкращі лампи розжарювання дають з 1 Вт споживаної потужності не більш як 20 лм. Так, лампа потужністю 60 Вт, розрахована на напругу 220 В, має світлову віддачу 9,00 лм/Вт, лампа потужністю 100 Вт — 10,42, лампа потужністю 1000 Вт — 17,75 лм/Вт. Отже, застосування однієї потужної лампи замість кількох ламп меншої потужності дає вищу економічну ефективність.

Останнім часом широко застосовують люмінесцентні лампи. Люмінесцентна лампа — це скляна трубка, внутрішня поверхня якої покрита білою кристалічною речовиною — люмінофором. Люмінофор має властивість флуоресціювати, тобто при опромінюванні його ультрафіолетовим промінням випромінювати видиме світло. На кінцях у трубці закріплені електроди, подібні до ниток, що є в лампах розжарювання. Повітря з трубки відсутнє, а замість нього введено з певним розрідженням суміш з аргону й пари ртуті. Струм, що проходить по електродах після ввімкнення лампи, викликає у цій суміші електричний розряд, в результаті чого в трубці виникають ультрафіолетові промені, які збуджують свічення люмінофора.

Застосовуючи різні суміші люмінофора, можна змінювати спектральний склад видимого випромінювання ламп. Так, вольфрамат магнію випромінює синьо-біле світло, силікат кадмію — рожеве. Промисловість випускає люмінесцентні лампи таких типів: ЛД — денного світла; ЛБ — білого світла; ЛХБ — холодно-білого світла; ЛТБ — тепло-білого світла; ЛТЦ — денного світла з поліпшеним кольором.

Найекономічнішими є лампи типу ЛБ, які мають найкращу світловіддачу. У порівнянні з лампами розжарювання люмінесцентні лампи мають більший строк служби.

Промисловість випускає люмінесцентні лампи таких потужностей: 8, 15, 20, 30, 40, 65, 80, 125 і 150 Вт.

Перевага люмінесцентних ламп у порівнянні з лампами розжарювання полягає в тому, що люмінесцентні лампи мають вищу світловіддачу (42...62 лм/Вт). За спектральним складом світло ламп наближається до природного. Строк служби ламп досягає 8...10 тис. годин.

Люмінесцентні лампи дуже чутливі до температури навколишнього повітря. Світловий потік при ГС становить всього 55% світлового потоку при температурі 25°C. Це пояснюється тим, що пара ртуті при зниженні температури частково конденсується і розряд у лампі може не виникнути.



## Освітлювальні прилади

Розглянуті джерела світла не можна застосовувати без арматури. Випромінювання джерела світла поширюється рівномірно на всі боки, а в більшості випадків освітлювальні установки повинні давати спрямоване випромінювання. Крім того, джерело світла необхідно захистити від різних пошкоджень.

Слід також враховувати, що прямі джерела світла впливають на зір людини, тобто засліплюють її. В зв'язку з цим джерела світла комплектують освітлювальною арматурою. Такий комплект називається освітлювальним приладом.

Залежно від дальності дії розрізняють прилади близької дії — світильники і далекої дії — прожектори.

Промисловість випускає світильники, призначені для освітлення площ і вулиць, житлових і громадських будинків, культурно-побутових і виробничих приміщень, лікувальних установ.

У тваринницьких приміщеннях і в пташниках застосовують люмінесцентні лампи й лампи розжарювання. Для захисту джерел освітлення від дії навколишнього середовища використовують напівгерметичні й герметичні світильники. Так, для люмінесцентних ламп застосовуються світильники ПЛУ (стельовий люмінесцентний ущільнений), ПВЛ (пиловологозахищений люмінесцентний). Для ламп розжарювання застосовуються світильники типу «Астра» різних модифікацій.

## Норми освітленості

Раціональним вважається таке освітлення, яке при нормальних витратах електроенергії забезпечує високопродуктивну, високоякісну й безпечну роботу, не призводячи до передчасної втоми.

В Україні діють обов'язкові для всіх установ і організацій правила, які нормують освітленість залежно від розмірів об'єктів, фону й контрасту об'єктів з фоном. На підставі цих загальних нормативів розроблені галузеві й

відомчі норми. Розроблені також норми технологічного проектування і для сільського господарства.

Освітленість залежить від типу джерела (лампи розжарювання, люмінесцентні лампи), його потужності й типу арматури.

Для правильного вибору потужності й кількості ламп для освітлення тваринницьких приміщень відповідно до діючих норм технологічного проектування слід користуватися встановленими нормами питомої потужності стосовно різних типів приміщень.

Ультрафіолетове опромінювання сільськогосподарських тварин.

Основні властивості ультрафіолетових променів.

Природні й штучні джерела світла випромінюють у навколишній простір промені, що мають різну довжину хвиль. Сонце, наприклад, випромінює хвилі довжиною від безмежно малих до безмежно великих. Але найкориснішими для живих істот (людей, тварин, рослин і т. д.) є промені так званої оптичної області, довжина хвиль яких коливається приблизно від 9 до 42 000 нм — нанометрів (1 нм —  $10^{-9}$ м). Ці випромінювання характеризуються різною біологічною дією і поділяються на такі смуги: при довжині хвиль від 9 до 400 нм — ультрафіолетове випромінювання; при довжині хвиль від 400 до 760 нм — видиме випромінювання; при довжині хвиль від 760 до 42 000 нм — інфрачервоне випромінювання.

У сільськогосподарському виробництві з кожним роком зростає використання штучних джерел випромінювання.

Важливу роль у біологічних процесах організмів тварин і птиці відіграють ультрафіолетові промені. Вони сприяють підвищенню продуктивності, поліпшують функцію ендокринних залоз, підвищують імунологічну активність, нормують обмінно-вітамінні процеси тощо.

Ультрафіолетовим випромінюванням властиві такі дії, як бактерицидна, еритемна й антирахітна.

Бактерицидна дія ультрафіолетових променів полягає в тому, що вони здатні вбивати бактерії, шкідливі для людей, тварин і рослин.

Тому ультрафіолетове опромінювання застосовують для дезинфекції повітря приміщень, для збереження продуктів тощо. Антирахітна дія, як показує сама назва, визначається тим, що ультрафіолетове опромінювання використовують у тваринництві при вирощуванні молодняка великої рогатої худоби, свиней та птиці і навіть для дорослих тварин як лікувально-профілактичний захід проти рахіту. За одиницю антирахітного потоку прийнято ват з поміткою «антирахітний» (Вт/а), який чисельно дорівнює потоку ультрафіолетового випромінювання з довжиною хвилі 297 нм потужністю 1 Вт.

Еритемна дія близька за своїм характером до антирахітної. Еритема—це незначне почервоніння шкіри, що викликається ультрафіолетовим промінням при помірному його застосуванні. При систематичному (дозованому) опромінюванні поступово утворюється загар, який позитивно позначається на здоров'ї тварин. Надмірні дози опромінювання можуть призвести до опіку шкіри з тяжкими наслідками.

За одиницю еритемного потоку прийнято ер, який чисельно дорівнює променистому потоку з довжиною хвилі 297 нм потужністю 1 Вт. На практиці користуються одиницею у 1000 разів меншою—міліер (мер).

Електричні джерела ультрафіолетових променів

Потужним джерелом ультрафіолетових променів є ртутно-кварцева лампа високого тиску типу ПРК. Лампа виготовлена у вигляді трубки з кварцевого скла, яке пропускає ультрафіолетові промені.

Трубка з обох кінців герметичне закрита після викачування повітря і заповнення її газом аргоном з невеликою кількістю ртуті. У трубку на її кінцях вмонтовані вольфрамові електроди, на які накручена спіраль, покрита шаром оксиду. Під час роботи лампи між електродами виникає дуговий розряд, що і є джерелом ультрафіолетового випромінювання.

. На зовнішній поверхні трубки накладена металева смужка з фольги, призначена полегшувати запалювання лампи.

Після ввімкнення лампи між електродами виникне розряд в аргоні, ртуть при цьому випаровується. Пара ртуті сприяє виникненню потужного потоку ультрафіолетових променів.

Через 8...15 хв після ввімкнення встановлюється температурний режим лампи, трубка її нагрівається до червоної, а тиск пари ртуті всередині лампи досягає однієї атмосфери. Повторно запалювати лампу можна тільки після її охолодження, тобто через 5...10 хв після вимикання.

Лампи ПРК чутливі до зміни напруги. При зниженні напруги в мережі до 10 % лампа може не загорітись,

Строк служби лампи ПРК — 800 год.

Лампи ПРК використовують у мережі змінного струму напругою 220 В. Нормальне робоче положення ламп — горизонтальне. Промисловість виготовляє також лампи ДРТ. За своїми параметрами вони замінюють лампи ПРК-2, ПРК-4, ПРК-7 і ПРК-8.

Еритемні лампи ЛЗ-15, Л9-30-1 і ЛЗР-40 конструктивно подібні до звичайних люмінесцентних ламп, але відрізняються від них складом люмінофора і сортом скла трубки.

Наша промисловість випускає лампи ЛЗ-15 потужністю 15 Вт на напругу 127 В і лампи ЛЗ-30-1 і ЛЗР-40 на 220 В.

Під час роботи лампа дає слабке блакитне світіння. Схема вмикання еритемних ламп подібна до схеми вмикання люмінесцентних.

Бактерицидні лампи ДБ відрізняються від еритемних тим, що не мають люмінофора, а трубки виготовлені із спеціального скла. Довжина хвилі ультрафіолетових променів, генерованих бактерицидною лампою, становить близько 254 нм. Такі промені мають найбільшу бактерицидну дію. Лампа ДБ-30-1 (дугова бактерицидна) потужністю 30 Вт випромінює бактерицидний потік 4,0 б.

Бактерицидні й еритемні лампи належать до ламп низького тиску: під час роботи тиск всередині трубок не перевищує 0,1333 кПа. У трубках ламп ПРК тиск становить близько 98 кПа, і тому вони належать до ламп високого тиску.

Бактерицидні лампи застосовуються для знезаражування повітря в родильних відділеннях корівників, у свинарниках, пташниках тощо; для знезаражування стін, підлоги, стелі у цих приміщеннях, а також для знезаражування ветеринарних інструментів, питної води і продуктів харчування. Опромінювання бактерицидними лампами вбиває до 70 % загальної кількості бактерій. Активність бактерій, що залишилися, знижується.

#### Установка ультрафіолетового опромінювання тварин

Випромінюючі установки різного призначення бувають стаціонарні й пересувні. Для стаціонарних установок використовують, як правило, лампи низького тиску, для пересувних — переважно лампи високого тиску.

У самохідній установці типу УОК-1 лампи закріплюють на спеціальному самохідному візку, який переміщується в корівниках і пташниках вздовж проходів чи між рядами кліток.

На візку, який приводиться в дію від електродвигуна, встановлюють дві кварцеві лампи ДРТ-375 з пусковою апаратурою та барабан з кабелем для живлення від електромережі. Для рівномірного опромінювання птиці, яка утримується в багатоярусних металевих клітках, одна лампа встановлюється на висоті 0,9, друга на висоті 2 м від підлоги. Доза опромінювання регулюється швидкістю пересування установки вздовж кліток.

У свинарниках і пташниках з вільним утриманням птиці лампи підвішуються на сталевих тросах або дротах діаметром 6 мм, і за допомогою спеціальної приводної станції пересуваються з одного кінця приміщення в інший з швидкістю 0,3 м/хв.

Приводна станція складається з асинхронного електродвигуна на потужність 1,1 кВт при 1440 хв<sup>-1</sup>, редуктора, реверсивного перемикача типу БП1-132. Все це змонтоване на рамі й закрито кожухом.

Пускорегулювальні пристрої лампи (дроселі, конденсатори, кнопки), триполюсний пакетний вимикач АВ-2-10 і запобіжники з плавкою вставкою на б А змонтовані на загальному щиті.

Самохідна установка живиться струмом від мережі напругою 380/220 В за допомогою шлангового проводу типу ШПРС-3Х ХК5 мм<sup>2</sup>.

Для опромінювання сільськогосподарських тварин і птиці використовують також механізовані підвісні установки типу УО-4М {чотири лампи ДРТ-375), переносні опромінювачі та сві-тильники-опромінювачі ОЗСПО2-2Х40/П5Х-01.

Корів, телят, поросят рекомендується опромінювати еритемними лампами щодня. Телят дво- і п'ятиденного віку, поросят дво- і триденного віку, курчат зразу ж після інкубатора опромінюють 3...5 хв, а потім щодня до місячного віку по 7 хв лампою ДРТ-375 і по 3...4 год еритемною лампою.

Перед інкубацією яйця опромінюють лампою ДРТ-375: курячі — 2 хв, качині й гусячі — 3 хв.

Інфрачервоне опромінювання сільськогосподарських тварин. Основні властивості інфрачервоних променів, електричні джерела.

Різні тіла, нагріті до високої температури, випромінюють інфрачервоні (теплові) промені. Особливо багатий інфрачервоними променями сонячний спектр. На долю хвиль у діапазоні від 760 до 5000 нм припадає основна частина сонячної теплової енергії.

Потрапляючи на будь-який об'єкт, інфрачервоні промені нагрівають його. Ця здатність інфрачервоних променів застосовується в сільськогосподарському виробництві, зокрема для інкубації яєць, обігрівання молодняка тварин і птиці, сушіння зерна, трави тощо. Джерелом інфрачервоного випромінювання можуть бути звичайні освітлювальні лампи розжарювання або спеціальні термовипромінювачі.

Відомо, що освітлювальні лампи виділяють у вигляді теплоти більше 90 % споживаної ними електричної енергії. Залежно від потрібної кількості теплоти вибирають лампи певної потужності. Знижуючи температуру розжарювання, можна зменшити кількість енергії, яка виділяється у вигляді світла, і збільшити ту її кількість, яка перетворюється в теплоту. Прилади, що випромінюють інфрачервоні промені, називаються тепло випромінювачами .

Тепер широко використовують дзеркальні термовипромінювачі типу ЗС та ИКЗК (з пофарбованою колбою). Наша промисловість випускає такі лампи, розраховані на напругу 127 і 220 В, потужністю 250 і 500 Вт.

Колба такої лампи має параболічну форму з внутрішнім дзеркальним покриттям. Температура нитки розжарювання ламп ЗС у порівнянні із звичайними освітлювальними лампами аналогічної потужності менша, в результаті чого строк їх служби збільшений до 2000...10 000 год. Нитка розжарювання лампи ЗС розташована в фокусі параболічної колби, яка концентрує променистий потік у потрібному напрямі. Тому ці лампи не потребують додаткових відбивних пристроїв (рефлекторів), що значно поліпшує умови експлуатації.

У зв'язку з тим, що колби ламп нагріваються до високої температури, їх треба захищати від потрапляння на них крапель води. Інфрачервоні лампи не можна застосовувати в приміщеннях, де є гарячі гази і пара.

Промисловість виготовляє інфрачервоні опромінювачі типу ИКО-4, ОКБ-1376А і ОКБ-3296А. В опромінювачах ИКО-4 використані дзеркальні лампові термовипромінювачі. В опромінювачах типу ОІ(Б нагрівним елементом є ТЕН з виведеними кінцями в цоколь Ц-40. Опромінювач ОКБ-1376А має три ТЕНи загальною потужністю 1,2 кВт, а ОКБ-3296А має один ТЕН потужністю 0,5 кВт.

Застосовуються також комбіновані опромінювачі ИКУФ-1. У комбінованому опромінювачі встановлена одна інфрачервона лампа й одна еритемна лампа ЛЗ-15.

Добрі результати дає використання інфрачервоних променів при вирощуванні молодняка сільськогосподарських тварин і птиці зимою: вдається зберегти майже все поголів'я при кращому прирості маси.

Для опромінювання поросят у станках, де утримуються свиноматки, горизонтальними планками відгороджують частину станка площею 0,5 м<sup>2</sup> з таким розрахунком, щоб туди вільно могли заходити тільки поросята. Лампу підвішують на висоті 1 м у центрі відгородженого місця. Поросят у перші три дні після народження опромінюють по 20 год на добу. Потім тривалість опромінювання поступово зменшують до 10 год і менше (залежно від температури навколишнього середовища). Після півторамісячного віку опромінювання припиняють.

Інколи у станках свинарників обладнують спеціальні будиночки з обігріванням поросят дзеркальними або звичайними лампами розжарювання.

Якщо треба повністю позбутися видимого світла, інфрачервоні випромінювачі виготовляють з дроту, скрученого у вигляді спіралей або намотаного на керамічні корпуси відповідної форми. Матеріал дроту бажано вибирати з великим питомим опором, наприклад ніхром.

Іноді такі випромінювачі обладнують металевими полірованими відбивачами параболічної або напівциліндричної форми.

Інфрачервоні випромінювачі застосовують також для знищення амбарних шкідників, для дезинфекції мішкотари тощо.

Висновок: нові технології енергозбереження впроваджуються в багатьох обладнаннях сільського господарства, зокрема: в електронагрівальних установках, електричному освітленні, опромінюючих установках та ін.

Але, на жаль, в Україні ці технології впроваджуються не такими темпами як у світі.



#### 4 Охорона праці

У даній роботі розробляється система електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю елеватор «Хлібороб-Голендри», Калинівський район, село Голендри. До числа важливих показників, що характеризують якість сільськогосподарського виробництва, відноситься безпека експлуатації сільськогосподарських машин і механізмів і систем електропостачання.

У приміщенні, в якому оперативно-ремонтним електротехнічним персоналом здійснюються обслуговування і технічний огляд сільськогосподарських машин і механізмів, існують такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [ГОСТ 12.0.003-74]:

##### 1) фізичні:

- машини та механізми, що рухаються;
- незахищені елементи виробничого обладнання, що рухаються;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищена та знижена температура поверхонь обладнання;
- підвищена та знижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень вологості повітря;
- підвищений рівень вібрації;
- небезпечне значення напруги в електричному колі, замикання якого може відбутись через тіло людини;
- нестача природного освітлення;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- підвищена швидкість руху повітря.

##### 2) психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);
- нервовопсихічні перенавантаження (монотонність праці, перенапруга аналізаторів).

#### 4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації системи електропостачання

Живлення власних потреб та системи освітлення ремонтно-механічного цеху здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – «0») – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Відповідно з ГОСТ 12.1.013-78 умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у робочому приміщенні є струмопровідною.

Згідно із ГОСТ 12.1.030-81, в якості захисту від ураження людей електричним струмом застосовується заземлення. Крім того безпека експлуатації при нормальному режимі роботи забезпечується застосуванням ізолювальних пристроїв, огороженням струмоведучих частин, використанням малих напруг. Особи, що обслуговують електроустановки повинні користуватися ЗІЗ - спецвзуття, рукавиці. Засоби захисту необхідно періодично випробувати, їх слід захищати від механічних пошкоджень, впливу факторів, що погіршують їх діелектричні властивості.

Загальні вимога безпеки до виробничого обладнання встановлені згідно з ГОСТ 12.2.003-74, в якому визначені вимоги до основних елементів конструкції, органів управління і засобів захисту, які входять в конструкцію виробничого обладнання любого виду і призначення.

В установках напругою до 1 кВ огороження роблять суцільними. Безпечні відстані між огороженнями і не ізольованими струмоведучими частинами регламентується ПУЕ і в установках до 1 кВ із суцільними огороженнями – 5 см. Висота розміщення не огорожених струмоведучих частин залежить від значення напруги і рівня підготовки людей, що працюють з електроустановками. Струмоведучі частини напругою до 1 кВ у місцях, де працюють люди, висота розміщення повинна бути не менше 3,5 м. Постійний контроль за ізоляцією, тому що протягом часу відбувається старіння ізоляції,

що може привести до пробою і створити небезпеку при дотику людини до ізольованих проводів. Використовують наступні кольори для маркування ізоляції: чорна - для силових ланцюгів; червона - для ланцюгів керування.

На ключах керування і приводах роз'єднувачів віддільників і вимикачів навантаження, а також на підставках запобіжників, за допомогою яких може бути подана напруга до місця робіт, вивішують плакат: «Не включати - працюють люди». На вентилях, що закривають доступ повітря в пневматичні приводи таких апаратів, вивішується плакат: «Не відкривати - працюють люди».

Приміщення цеху, в якому здійснюється техогляд сільськогосподарських машин і механізмів, повинно бути сухим, світлим і теплим а також забезпечене роздягальною з вішалками для одягу.

Площа робочих приміщень повинна бути така, щоб на одного працюючого припадало не менше 4,5 м<sup>2</sup>.

Стіни робочих приміщень мають бути світлих відтінків, а стеля повинна бути пофарбована в білий колір.

## 4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

### 4.2.1 Мікроклімат виробничого приміщення

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99.

Мікроклімат приміщення характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового випромінювання.

Робота по обслуговуванню сільськогосподарських машин відноситься до категорії Іб по важкості праці.

Енерговитрати за цією категорією становлять - до 140-174Вт.

Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень приведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Допустимі норми параметрів повітря

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху, X
Холодний	Іб	20-24	75	не більше 0,2
Теплий		21-28	55 при 27 °С	0,1-0,3

#### 4.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично-допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м<sup>3</sup>.

При здійсненні техогляду виділяється пил нетоксичний. При роботі системи вентиляції, провітрюванні у приміщенні може попадати пил та інші шкідливі речовини, які виділяються при технологічних процесах в боксі і знаходяться в повітрі навколишнього середовища. Їх ГДК відповідно наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери, в робочій зоні для обслуговуючого персоналу

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

Для забезпечення складу повітря робочої зони відповідно до ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ проектом передбачені наступні рішення:

- застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами, які встановленні безпосередньо на дільницях біля обладнання із яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення;

- необхідно проводити контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні;
- застосовувати природну вентиляцію: організовану і неорганізовану.

#### 4.2.3 Виробниче освітлення

##### Природне освітлення

Підприємство знаходяться у Вінницькій області, система їх природного освітлення відноситься до бокової. Характеристика зорових робіт - середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в». При боковому освітленні КПО: природне – 1,5 %, сумісне – 0,9 %.

Нормоване значення КПО для даного виробничого приміщення розраховуємо за формулою:

$$e_N = e_H \cdot m_N,$$

де  $m_N$  - коефіцієнт світлового клімату,  $m_N = 0,9$  (вікна, які орієнтовані на схід).

Природне  $e_N = 1,5 \cdot 0,9 = 1,4$  %;

сумісне  $e_N = 0,9 \cdot 0,9 = 0,8$  %.

Природне освітлення приміщення для проведення техогляду одностороннє.

##### Штучне освітлення

Правильна експлуатація установок природного і штучного освітлення відіграє важливу роль для створення високого рівня освітленості в приміщеннях і економії електроенергії, що витрачається на штучне електричне освітлення. Норми освітленості при штучному освітленні занесені до табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Норми освітленості при штучному освітленні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнювання	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнювання з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк	
						Штучне освітлення	
						Комбіноване	Загальне
Середньої точності	Вище 0,5 до 1	IV	v	Середній, малий	Середній, темний	400	200

Для освітлення вибираємо світильники прямого світла ЛПО-02 з двома люмінесцентними лампами. Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

Для забезпечення хорошого огляду пасажиром і водієві тролейбус оснащено великими вікнами. Для захисту водія від надмірних сонячних променів використовується протисонячний козирок, що виготовлений з травмобезпечного матеріалу. Він шарнірно закріплений на скобі і поворотом встановлюється в необхідне положення. В вечірній час тролейбус в середині освітлюється двома групами світильників ЛО1, ЛО2 з лампами розжарювання, а кабіна водія – спеціальним плафоном з одною лампою потужністю 10 Вт. Для освітлення підніжок застосовуються світильники, що складаються з відображувача, наконечника і патрона.

#### 4.2.4 Виробничий шум

Джерелом шуму є обладнання, машини, механізми та верстати – механічний шум.

Шум - це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів і негативно впливають на людину.

Постійна дія сильного шуму може не лише негативно вплинути на слух, але й викликати інші шкідливі наслідки - дзвін у вухах, запаморочення, головний біль, підвищення втоми, зниження працездатності.

Шум має кумулятивний ефект, тобто акустичні подразнення, накопичуючись в організмі людини, все сильніше пригнічують нервову систему. Тому перед втратою слуху від впливу шумів виникає функціональний розлад центральної нервової системи. Особливо шкідливий вплив шуму позначається на нервово-психічній діяльності людини. Процес нервово-психічних захворювань вищий серед осіб, що працюють у гомінких умовах, ніж у людей, що працюють у нормальних звукових умовах.

Відповідно до рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 10\lg(I/I_0) = 10\lg(p/p_0) = 10\lg(U/U_0) \quad (4.2)$$

де  $L$  - рівень шуму, дБ;

$p$  - звуковий тиск, Па;

$U_0$  - коливальна швидкість, 5-10 м/с;

$P_0$  - нульове значення звукового тиску, умовно прийняте рівним 210 Па.

При санітарно-гігієнічному нормуванні шуму використовують два методи:

- нормування за гранично допустимим спектром шуму;
- нормування рівня звуку за шкалою А шумоміра.

За характером спектру шум - широкосмуговий з безперервний спектром шириною більше октави; за тональною характеристикою постійний; за походженням - гідродинамічний.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами СН 32.23-85 і наведені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Допустимі рівні звукового тиску

Робоче місце	Рівні звукового тиску в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звукового тиску, ДБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для зменшення рівня шуму до допустимого в боксі двигуни виконуються в металевому кожусі, а також виконують змащення, застосовують пластмасові деталі, використовують протишумні навушники, які закривають вушну раковину.

#### 4.2.5 Виробничі вібрації

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи сидить (підшви ніг або сідниці).



Таблиця 4.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація:	$\frac{1,3}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	-	-	-	-
На постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях										

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, м/с  $10^{-2}$ , знаменнику - логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонанс; динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів устаток і будівельних конструкцій. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

#### 4.3 Пожежна безпека

Приміщення цеху, де проводиться технічний огляд сільськогосподарських машин і механізмів відноситься до категорії Д – негорючі речовини у холодному стані з пожежонебезпечними зонами класу П-Іа – де є тверді горючі речовини чи матеріали.

Будівля, де розташоване дане приміщення, характеризується III ступенем вогнестійкості.

До III ступенем вогнестійкості відносяться будівлі з штучними та захисними конструкціями з природних та штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриття допускається застосування дерев'яних інструкцій, захищених штукатуркою або важкогорючими листовими, а також нитковими матеріалами. До елементів покриття висуваються вимога по межах

вогнестійкості та межах розповсюдження полум'я; при цьому елементи укриття з деревини піддаються вогнезахисній обробці.

Межі вогнестійкості занесені у табл. 4.6

У чисельнику вказуються межі вогнестійкості будівельних конструкцій; у знаменнику - межі розповсюдження полум'я по них.

Таблиця 4.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій і максимальні межі розповсюдження полум'я по них.

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Сходові площадки, балки, косоури, марші сходових кліток	Плити, настили (з утеплювачем), несучі конструкції перекрить	Елементи перекрить	
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі (перегородки)				Плити, настили, прогони	Балки, ферми, арки, рами
III	1/0	0,5/0	0,2/40	0,2/40	0,25/0	1/0	0,25/0	0,25/25	0,25/0

В таблиці 4.7 приведені протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх огнестійкості

Таблиця 4.7 – Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості

Номер п/п	Протипожежна перешкода	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальні межі вогнестійкості протипожежних перешкод або їх елементів, год
1	Протипожежні стіни	2	0.75
2	Протипожежні перегородки	2	0.25
3	Протипожежні перекриття	3	0.75

Таблиця 4.8 – Допустима кількість поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку будівлі.

Категорія будівлі (пожежних відсіків)	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості будівлі	Площа поверху в межах пожежного відсіку, м <sup>2</sup> , будівель		
			Одноповерхових	багатоповерхових	
				2 поверхи	3 поверхи і більше
Д	1	III	не обмежується		
			5200	-	-

Мінімальні відстані між будівлями і спорудами відповідно до III ступеня вогнестійкості становлять 12 м.

У випадку виникнення пожежі робітники повинні: прийняти всі заходи по ліквідації вогню; місце, яке загорілось слід гасити вогнегасником; при загоранні електропроводів слід відключити лінію, а ізоляцію електропроводів необхідно гасити тільки вуглекислотним вогнегасником або піском; зупинити обладнання.

Будівля, де розташоване приміщення для технічного огляду, обладнане системою протипожежної сигналізації і спеціальним водогоном. Його площа становить 372 м<sup>2</sup>, необхідно встановити біля входу 1 пожежний щит (стенд). До комплексу засобів пожежегасіння, які розміщені на ньому, включенні: вогнегасники ВП-5 – 3 шт., ящик з піском місткість 3,0 м<sup>3</sup> – 1 шт. з совковою лопатою, покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу або повсті розміром 2 м х 2 м – 1 шт., гаки – 3 шт., лопати – 2 шт., ломи – 2 шт., сокири – 2 шт.

Конструкція ящика повинна забезпечувати зручність діставання піску та виключати попадання опадів.

Для гасіння невеликих пожеж на маршруті, викликаній всіма видами горючих речовин, використовується вогнегасник, який встановлено за сидінням водія на лівій частині перегородки.

## Висновки

В бакалаврській дипломній роботі було розроблено системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю елеватор «Хлібороб-Голендри», Калинівський район, село Голендри. Для даного підприємства було обрано економічну і надійну систему електропостачання, яка має мінімальні капітальні вкладення і втрати електроенергії в її елементах.

Також було розраховано струми короткого замикання, вибрано все необхідне електричне обладнання.

На лініях, що підходять безпосередньо до електроприймачів вибираємо автоматичні вимикачі серії ЕТІ ЕВ2 з тепловим і електромагнітними розчіплювачами. Розроблена система електропостачання забезпечує надійне та безперебійне живлення підприємства електроенергією.

В дослідній частині роботи проведено дослідження використання електричної енергії в аграрному виробництві та її економії.

Розроблено норми з охорони праці, а саме технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту та з гігієни праці і виробничої санітарії. Також розроблено норми з пожежної безпеки.

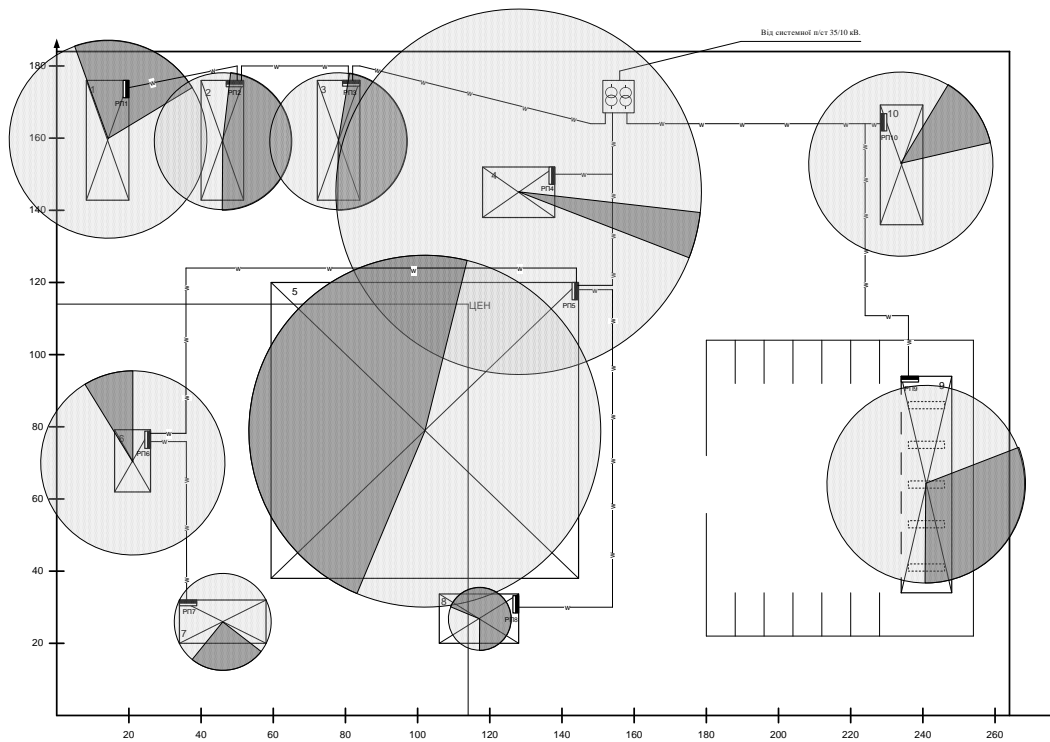
## Література

1. Бурбело Михайло Йосипович. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник - 2-ге вид., перероб. і доп. / М.Й. Бурбело. –Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2005 – 148 с. ISBN 966-641-145-8.
2. 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.
3. Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. - X .: Міненерговугілля України, 2014.
4. Неклепаев Борис Николаевич. Электрическая часть электростанций и подстанций / Б. Н. Неклепаев, И. П. Крючков. – Москва: Энергоатомиздат, 1989 – 607 с. ISBN 5-283-01086-4.
5. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. /Под ред.. А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – Т.1 – 580с., Т.2 – 591 с.
6. РТМ 36.18.32.4-92 Указания по расчету электрических нагрузок.
7. ГОСТ 14209-97 Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов.
8. ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 (ІЕС/TR 60909-4:2000, IDT) Національний стандарт України. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання.
9. СН 174-75 Инструкция по проектированию электроснабжения промышленных предприятия.
10. СН 357-77 Инструкция по проектированию силового и осветительного электрооборудования промышленных предприятий.
11. РД 153-34.0-15.501-00 Контроль качества электрической энергии
12. Силові трансформатори [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.bisik.kiev.ua/uk/transformers>
13. Вимикачі навантаження [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://001.com.ua/uk/vymykachi-navantazheniya-c756>

## ДОДАТКИ

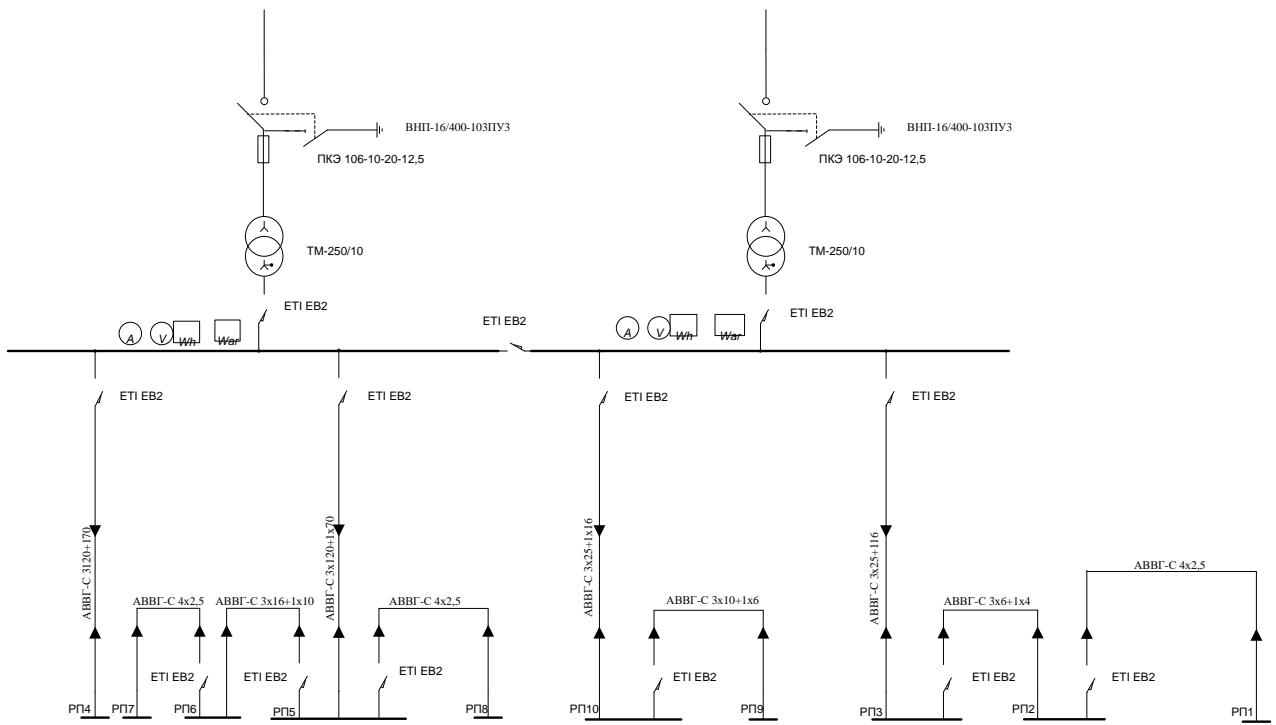
Додаток А  
Графічна частина

Генеральний план

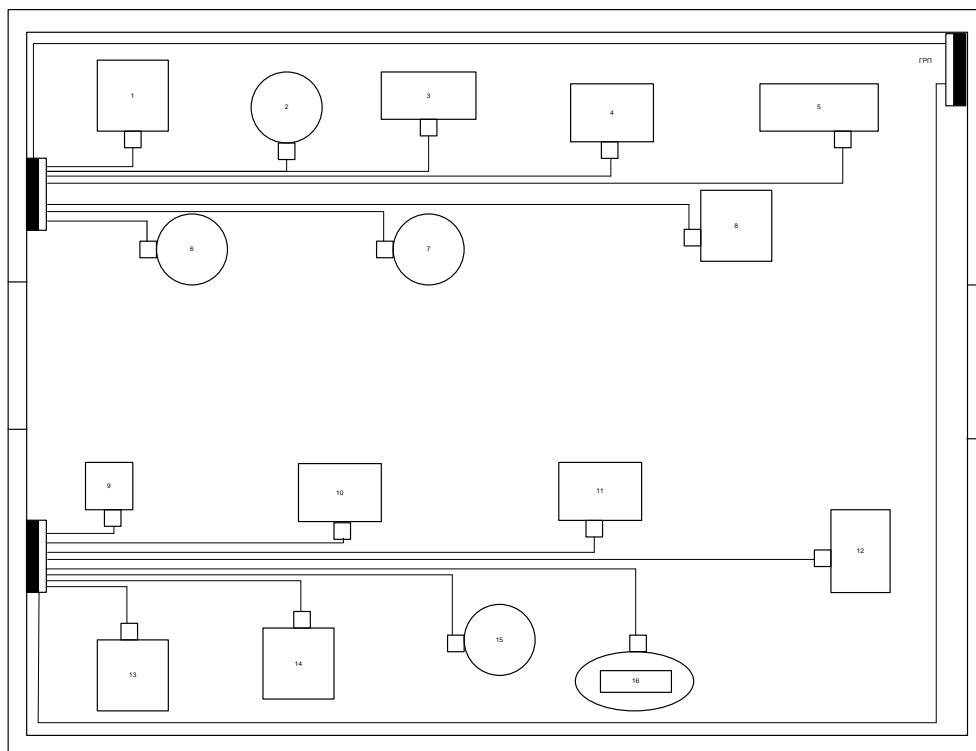




## Однолінійна схема електропостачання



## План цеху з силовою мережею

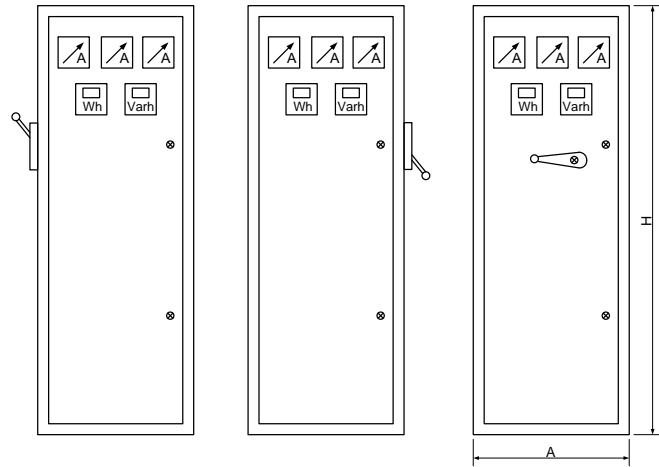
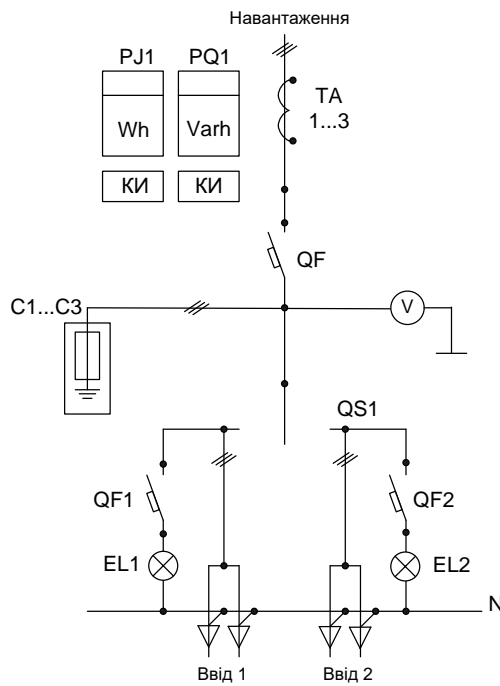


№ на плані	Назва цеху	Ри, кВт
1	Зерно-сушарка АВМ	4
2	Кормо-роздроблювач	40
3	Норія загрузача	2,2
4	Привід форсунок сбарахана	4
5	Норія полич зерна	2,2
6	Кормо змішувач	26
7	ЦВК	12
8	ДКУ	22
9	Випускний шнек	4
10-12	Дозатор	3
13	Погрузний транспортер	1,1
14	Погрузний транспортер	2,2
15	Гранулятор	26
16	Екструдер	42

## Розрахунково-монтажна таблиця

ФРІ	Знаєст					Струмковий акумулятор				Розподільча акумулятор					Електроприймачі				Найближчий приймач
	Тип ант.	L <sub>к</sub> А	L <sub>р</sub> А	L <sub>д</sub> А	L <sub>с</sub> А	Спосіб прокладки	Марка і переріз	L <sub>к</sub> А	Спосіб прокладки	Марка і переріз	L <sub>к</sub> А	L <sub>р</sub> А	L <sub>д</sub> А	P <sub>ном</sub> кВт	№ верста				
ER2 160/3S	160	160	800	130,9	Відкритий	АВВГ 3х120-1х50	184	ФРІ	ER2 100/3S	25,8	7,6	» труба	АПВ-4(1х2,5)	19	7,6	38	4	1	Гідралічний підйомач Кормо-роздільшовач Норія загрузка Привід форсунок барабана Норія подачі зерна
									ER2 100/3S	100,90	75,97	» труба	АПВ-4(1х2,5)	85	75,97	579,85	40	2	
									ER2 100/3S	25,6,3	4,18	» труба	АПВ-4(1х2,5)	19	4,18	20,9	2,2	3	
									ER2 100/3S	25,10	8,1	» труба	АПВ-4(1х2,5)	19	8,1	40,5	4	4	
									ER2 100/3S	25,6,3	4,18	» труба	АПВ-4(1х2,5)	19	4,18	20,9	2,2	5	
	160	128	896	105,7	Відкритий	АВВГ 3х75-1х25	128,8	ФРІ	ER2 100/3S	100,63	49,38	» труба	АПВ-4(1х2,5)	70	49,38	246,9	26	6	Кормо - заїлювач ЦВК ДСУ
									ER2 100/3S	100,31,5	24,3	» труба	АПВ-4(1х3)	37	24,3	121,5	12	7	
									ER2 100/3S	100,50	44,57	» труба	АПВ-4(1х16)	55	44,57	222,85	22	8	
									ER2 100/3S	25,8	7,6	» труба	АПВ-4(1х2,5)	19	7,6	38	4	9	
	160	128	896	105,7	Відкритий	АВВГ 3х75-1х25	128,8	ФРІ	ER2 100/3S	25,6,3	5,7	» труба	АПВ-4(1х2,5)	19	5,7	28,5	3	10	Вигрузовий шнек Дозатор Дозатор Дозатор Погрузовий транспортер
									ER2 100/3S	25,6,3	5,7	» труба	АПВ-4(1х2,5)	19	5,7	28,5	3	11	
									ER2 100/3S	25,6,3	5,7	» труба	АПВ-4(1х2,5)	19	5,7	28,5	3	12	
									ER2 100/3S	25,6,3	2,09	» труба	АПВ-4(1х2,5)	19	2,09	10,45	1,1	13	
									ER2 100/3S	25,6,3	4,18	» труба	АПВ-4(1х2,5)	19	4,18	20,9	2,2	14	
	160	128	896	105,7	Відкритий	АВВГ 3х75-1х25	128,8	ФРІ	ER2 100/3S	100,63	49,38	» труба	АПВ-4(1х2,5)	70	49,38	246,9	26	15	Погрузовий транспортер Гранулятор Екструдер
									ER2 100/3S	100,100	85,08	» труба	АПВ-4(1х50)	120	85,08	425,42	42	16	

## Облік і контроль електроенергії



## Умовні позначення

PJ1 - Лічильник активної електроенергії

PQ1 - Лічильник реактивної електроенергії  
ТА 1...3 - Трансформатори струму

QF - Автоматичний вимикач

QF1..2 - Ввідні автоматичні вимикачі

C1...C3 - Розрядники

QS1 - Рубильник

EL1...EL2 - Сигнальні лампочки

## Характеристики ввідно-облікової шафи

Модель шкафа	Номинальний струм, А	Н, мм (висота)	А, мм (ширина)	В, мм (глибина)
ШВУ - 100	100	1800	400	400