

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІНІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри  
електротехніки, електромеханіки  
та електротехнологій**

ДОЦ., К.Т.Н. /ОКУШКО О.В./  
вчене звання і ступінь підпис  
” ”  
число місяць рік 2026 р.

**БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему: «МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ВИРОБНИЧИХ  
ПРОЦЕСІВ У ТЕЛЯТНИКУ НА 200 ГОЛІВ»**

Спеціальність: 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
(код і назва)

**Гарант освітньої програми**

К.Т.Н., доцент Синявський О.Ю.  
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

**Виконав**

Чучман О.Р.  
(підпис) (ПІБ)

**Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи**

Ph.D Сподоба М.О.  
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

**КИЇВ – 2026**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри**  
**електротехніки, електромеханіки**  
**та електротехнологій**

ДОЦЕНТ, К.Т.Н. /ОКУШКО О.В./  
вчене звання і ступінь підпис  
” ” 2025 р.  
число місяць рік

**З А В Д А Н Н Я**  
**на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту**  
**Чучману Олександру Романовичу**  
(прізвище, ім'я, по-батькові)

Спеціальність: 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
(код і назва)

Тема бакалаврської роботи: «Модернізація електрообладнання виробничих процесів у телятнику на 200 голів»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «30» жовтня 2025 р. № 2607 „С”.

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2026.05.25  
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до бакалаврської роботи:

- 1) Правила улаштування електроустановок (ПУЕ).
- 2) Правила будови електроустановок (електрообладнання спеціальних установок).
- 3) Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів.
- 4) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.
- 5) Правила користування електричною енергією.
- 6) Система ПЗР і ТО електрообладнання сільськогосподарських підприємств.

Перелік питань, які потрібно розробити:

- 1) Аналіз стану, перспектив і напрямків реалізації завдань, вирішуваних у роботі.
- 2) Технологічна частина.
- 3) Електротехнічна частина.
- 4) Спеціальне завдання: «Розробка системи автоматизованого водопостачання».
- 5) Обслуговування і ремонт енергетичного обладнання.
- 6) Охорона праці.
- 7) Основні техніко-економічні показники.
- 8) Висновки.
- 9) Список використаних джерел.

Перелік графічних документів (за потреби):

1. Схема розміщення силового електрообладнання корівника.
2. Схема розміщення освітлювального електрообладнання корівника.
3. Схема електрична принципова водонасосної установки.
4. Схема з'єднань шафи керування водонасосної установки.

Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 10 листопада 2025 р.

**Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи**

Сподоба М.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

**Завдання прийняв до виконання**

Чучман О.Р.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

| № | Формат | Позначення                         | Найменування                                                  | Кільк. аркуш | № прим. | Примітка |
|---|--------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------|---------|----------|
| 1 | A4     | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Пояснювальна записка                                          |              | 1       |          |
| 2 | A4     | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ЕМ | Схема розміщення силового електрообладнання корівника         | 1            | 1       |          |
| 3 | A4     | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ЕО | Схема розміщення освітлювального електрообладнання корівника. | 1            | 1       |          |
| 4 | A4     | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ЕЗ | Схема електрична принципова водонасосної установки            | 1            | 1       |          |
| 5 | A4     | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.Е4 | Схема з'єднань шафи керування водонасосної установки          | 1            | 1       |          |

|          |             |          |         |      |                                                |  |  |  |
|----------|-------------|----------|---------|------|------------------------------------------------|--|--|--|
|          |             |          |         |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ТП             |  |  |  |
|          |             |          |         |      |                                                |  |  |  |
| Змн.     | Арк.        | № докум. | Підпис. | Дата | Відомість бакалаврської кваліфікаційної роботи |  |  |  |
| Розроб.  | Чучман      |          |         |      |                                                |  |  |  |
| Перевір. | Сподоба     |          |         |      |                                                |  |  |  |
|          |             |          |         |      |                                                |  |  |  |
| Н.конт   | Коробський  |          |         |      |                                                |  |  |  |
| Затверд. | Окушко О.В. |          |         |      | EEE-230026СТ                                   |  |  |  |

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                                                                                                          | 5  |
| РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СТАНУ, ПЕРСПЕКТИВ І НАПРЯМКІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАВДАНЬ, ВИРІШУВАНИХ У РОБОТІ.....                                                         | 6  |
| 1.1. Характеристика господарства.....                                                                                                               | 6  |
| 1.2. Аналіз рівня електрифікації господарства.....                                                                                                  | 7  |
| 1.3. Характеристика приміщення.....                                                                                                                 | 8  |
| РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА І ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.....                                                                                               | 10 |
| 2.1. Вибір технологічного обладнання.....                                                                                                           | 10 |
| 2.2. Розрахунок і вибір вентиляційних установок.....                                                                                                | 17 |
| 2.3. Перевірка електродвигунів приводу технологічного обладнання на відповідність параметрам мережі живлення і умовам навколишнього середовища..... | 20 |
| 2.4. Вибір пускової і захисної апаратури.....                                                                                                       | 27 |
| 2.5. Розрахунок силової електропроводки.....                                                                                                        | 29 |
| 2.6. Розрахунок і вибір освітлювальних установок.....                                                                                               | 31 |
| 2.7. Розрахунок освітлювальної проводки.....                                                                                                        | 35 |
| 2.8. Визначення розрахункової потужності на вводі.....                                                                                              | 37 |
| РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ВОДОНАСОСНОЮ УСТАНОВКОЮ.....                                                                     | 40 |
| 3.1. Розробка та аналіз функціональної схеми.....                                                                                                   | 40 |
| 3.2. Розробка та аналіз функціонально-технологічної схеми .....                                                                                     | 41 |
| 3.3. Розробка та аналіз принципової електричної схеми.....                                                                                          | 42 |
| 3.4. Вибір електрообладнання схеми керування.....                                                                                                   | 43 |
| 3.5. Розробка схеми внутрішніх з'єднань.....                                                                                                        | 47 |
| РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ .....                                                                                      | 48 |
| 4.1. Розробка заходів по компенсації реактивної потужності.....                                                                                     | 48 |
| 4.2. Розробка заходів по економії електричної енергії.....                                                                                          | 49 |
| 4.3. Визначення економічних показників автоматизації об'єкта.....                                                                                   | 50 |
| РОЗДІЛ 5. ЗАХОДИ ПО ОХОРОНІ ПРАЦІ І ЕКОЛОГІЇ.....                                                                                                   | 53 |
| 5.1. Розробка заходів по охороні праці.....                                                                                                         | 53 |
| 5.2. Розрахунок заземлення.....                                                                                                                     | 55 |
| 5.3. Грозозахист приміщення.....                                                                                                                    | 58 |
| 5.4. Заходи по екології.....                                                                                                                        | 59 |
| ВИСНОВКИ.....                                                                                                                                       | 60 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                                                                                                                     | 62 |

## ВСТУП

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є модернізація електричного обладнання для забезпечення відповідних технологічних процесів у тваринницькому приміщенні для утримання ВРХ та автоматизація водонасосної установки.

Сільське господарство в Україні відіграє важливу роль в економіці країни і забезпечує виробництво продовольства та сировини для інших галузей промисловості. Україна має значний потенціал для розвитку сільського господарства завдяки своїм природним ресурсам, включаючи родючі ґрунти та великі земельні площі. Ось деякі аспекти сільського господарства в Україні:

У сільському господарстві в Україні значну роль відіграє тваринництво, зокрема виробництво молока, м'яса (включаючи свинину, яловичину та птицю).

Використання електричних систем освітлення та охолодження у сільському господарстві допомагає створити оптимальні умови для зберігання та обробки сільськогосподарської продукції.

Впровадження систем автоматизації та моніторингу у сільському господарстві, які працюють на електричній основі, дозволяє ефективно керувати процесами виробництва, відслідковувати стан рослин та тварин, а також оптимізувати використання ресурсів.

Електрифікація сільського господарства є важливим кроком до сталого розвитку цієї галузі. Вона сприяє збільшенню продуктивності, ефективному використанню ресурсів та зменшенню негативного впливу на довкілля. Продовження інвестицій у електрифікацію сільського господарства та впровадження новітніх технологій можуть сприяти розвитку сільського господарства в Україні.

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 5    |

**РОЗДІЛ 1**  
**АНАЛІЗ СТАНУ, ПЕРСПЕКТИВ І НАПРЯМІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАВДАНЬ,**  
**ВИРІШУВАНИХ У РОБОТІ**

**1.1. Характеристика господарства**

Товариство з обмеженою відповідальністю "Тікич-Т" знаходиться селі Потоки Таращанського ОТГ Білоцерківського району Київської області на відстані 131 км від обласного центру міста Києва. Землі господарства складаються з одного суцільного масиву розташованого на півдні села. Земельний масив закріплений за виробничим підрозділом з тракторною бригадою та поряд розташованою тваринницькою фермою.

Природно-кліматичні умови зони, в якій розташоване господарство характеризуються помірно-теплим зволженим кліматом з поступовим переходом від тепла до холодів—господарство розташоване в зоні Лісостепу. По структурі товарної продукції, концентрації та інтенсифікації виробництва господарство має виробничий напрямок — скотарсько-зерновий.

Високий розвиток тваринництва впливає на підвищення економічної ефективності землеробства і господарства в цілому.

Табличним методом розглянемо землекористування господарства, валове виробництво та врожайність основних зернових та технічних культур та поголів'я тварин.

Таблиця 1.1.

**Землекористування господарства**

| Назва                   | Одиниці виміру | Кількість |
|-------------------------|----------------|-----------|
| Загальна земельна площа | Га.            | 850       |
| Ріллі                   | Га.            | 745       |
| Сінокоси                | Га.            | 11        |
| Пасовища                | Га.            | 4         |
| Всього с.г. угідь       | Га.            | 760       |

Таблиця 1.2.

**Виробництво продукції тваринництва**

| Вид тварин          | Поголів'я | Продукція |               |
|---------------------|-----------|-----------|---------------|
|                     |           | Вид       | Кідбкість, ц. |
| Телята              | 210       | М'ясо     | 1960          |
| Свині на відгодівлі | 102       | М'ясо     | 1202          |
| Свиноматки          | 72        | Поросята  | 768           |

В господарстві є два телятника, приміщення по відгодівлі молодняка великої рогатої худоби, свинарник-відгодівельник, свинарник-маточник, тік, тракторний стан з гаражем – майстернею.

**1.2. Аналіз рівня електрифікації господарства**

Електромеханізація і автоматизація технологічних процесів покликана значно знизити затрати праці по виробництву продукції.

В господарстві на базі використання електроенергії практично працюють всі стаціонарні виробничо - технологічні процеси. У рослинництві електрофіковані машини і механізми використовуються для вивантаження, очищення, сушіння, навантажування і зберігання зерна. В рослинництві використовується 86 електродвигунів загальною потужністю 123 кВт.

У тваринництві на базі використання електроенергії повністю електрофіковано водопостачання, підігрів води, приготування кормів, доїння телят, первинна обробка і зберігання молока, роздача кормів, прибирання гною. У зимовий період частина тваринницьких приміщень обігрівається за допомогою електрокалориферів. В господарстві налічується 3 свердловини із заглибинами відцентровими насосами, робота яких автоматизована. Підігрів води здійснюється за допомогою електроводонагрівачів типу ВЕТ і УАП. Всього в тваринництві працює 140 двигуни загальною потужністю 133кВт.

|      |      |          |       |      |                                           |      |
|------|------|----------|-------|------|-------------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | <b>02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                           | 7    |

Господарство отримує електроенергію від районної трансформаторної підстанції 35/10 кВ. Протяжність повітряної лінії 10 кВ становить 6 км. Господарство має одну споживаючу підстанцію 10/0,4 кВ загальною потужністю 250 кВт. Протяжність низьковольтних ліній становить 1,3 км.

Для приводу машин і обладнання застосовують електродвигуни серій 4А, АИР загальнопромислового і сільськогосподарського призначення. Для керування і захисту електроустановок застосовують автоматичні вимикачі серій ПМ, ПМЛ. Силова проводка виконана в основному в металевих трубах проводами марки АПВ, кабелями марки ВВГ, освітлювальна проводка виконується на скобах і тросах. Для освітлення тваринницьких і виробничих приміщень застосовують світильники типів ПВЛМ, ЛД, ЛСП, НСПО, ППД та сучасні світлодіодні.

Загальна кількість споживаної електроенергії за останній рік становить 123000 кВт · год.; з них: у тваринництві — 52000 кВт · год.; в рослинництві — 46600 кВт · год.; побутові — 17250 кВт · год.; втрати — 6150 кВт · год. Електрообладнання господарства складає 384,06 умовних одиниць.

В господарстві створено електротехнічну службу до складу якої входять: інженер-енергетик (на правах головного спеціаліста), технік-електрик і два електромонтера. Для ефективної роботи служби створено пункт технічного обслуговування електрообладнання і електроустановок. Він обладнаний необхідними машинами, пристроями, інструментами, приладами.

### 1.3. Характеристика приміщення

У телятнику молочнотоварної ферми утримується 200 голів. Утримання — прив'язне. Всі виробничі процеси, по підготовці, доставці, і подачі кормів, прибирання гною із телятника і транспортування його місць складування механізовано і електрифіковано. Кількість обслуговуючого персоналу телятника становить 8 чоловік.

Підготовка кормів до годування виконується в кормоприготувальному

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 8    |

відділені і на кормовій площадці ферми. Доставка кормів до подачі здійснюється кормороздатчиком FEEDR від Sieplo.

Прибирання гною із телятника виконує робот-прибиральник гною Lely Discovery 120 Collector.

Вентиляція телятника здійснюється установкою “Клімат-47”, а опалення в зимовий період — опалювальною установкою від центральної котельні.

Напування тварин в телятнику здійснюють із напувалок АП-1А. Підігрів води виконується водонагрівачем типу САЗС-400.

Для освітлення телятника застосовують світильники типу ЛСП, НСП21. Освітлювальна проводка виконана кабелем марки ВВГ на тросу і на скобах. Для приводу робочих машин використовується електродвигуни серії 4А, АИР. Керування і захист електроустановок і електрообладнання здійснюють автоматичними вимикачами серії АЕ, ВА, А-3700, електромагнітними пускачами серії ПМЕ, ПМЛ, ПМА. Силова проводка виконується в металевих трубах проводами марки ПВ і частково кабелем марки НРГ.

Блискавкозахист телятника виконано стержневими блисковідводами.

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 9    |

## РОЗДІЛ 2.

### ТЕХНОЛОГІЧНА І ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

#### 2.1. Вибір технологічного обладнання

Проектом передбачається прогресивна технологія утримання великої рогатої худоби, яке забезпечує підвищення продуктивності праці, скорочення трудових витрат та засобів на виробництво продукції.

В основу проекту покладено наступні технологічні рішення: утримання телят в зимовий холодний час в стійлах, прив'язне; в літній теплий період року — на вигульних площадках, безприв'язне.

Проектом передбачено, що в споруді може бути розміщено 200 голів великої рогатої худоби. Утримання телят прив'язне, в стійлах, шириною 120 см, довжиною — 200 см. Стіла розміщені в чотирьох поздовжніх рядах, створюючи два кормових і три гнойових проходи. Вздовж кожного ряду стійл встановлюють стаціонарні годівниці, завантажування і очищення яких виконується з боку кормового проходу. Ширина кормового проходу прийнята 210 см, що дозволяє використати для роздачі кормів в годівниці будь-якого мобільного транспорту.

Проектом передбачається механізація і електрифікація виробничих процесів по підготовці, доставці і роздачі кормів, прибирання гною.

Підготовка кормів для годування тварин виконується в кормоприготувальному відділенні і на кормовій площадці ферми, де розміщується телятник. Витрати кормів по телятнику прийняті у відповідності із НТП-СХ 1.72 із розрахунком 210 днів зимового періоду і 155 днів літнього періоду. Дані переведено в табл. 2.1.

Доставка кормів і вивантаження їх в кормороздавач здійснюватимуся за допомогою роботизованого кормороздатчика FEEDR від Sierplo.

Технологічне обладнання для роздачі кормів вибираємо на основі технологічного процесу і необхідної продуктивності:

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 10   |

**Річна витрата кормів**

| Назва          |             | Річна витрата кормів, т |              |
|----------------|-------------|-------------------------|--------------|
|                |             | На 1 голову             | На 200 голів |
| Грубі          | Сіно        | 0,96                    | 192          |
| Корми          | Сінаж       | 3,8                     | 760          |
|                | Солома      | 0,38                    | 76           |
| Соковиті корми | Силос       | 5,24                    | 1048         |
|                | Коренеплоди | 1,08                    | 216          |
| Зелені корми   |             | 7,85                    | 1570         |
| Концентрати    |             | 0,77                    | 154          |

Визначимо розрахункову продуктивність кормороздавача за формулою

$$Q_{\text{роз}} = \frac{A \cdot N \cdot 0,4}{T} \quad (2.1)$$

де А- добовий раціон, А = 0,055тони; N- кількість тварин; Т – тривалість годування, для стаціонарних кормороздавачів Т = 0,33 год; 0,4 – коефіцієнт, який враховує найбільшу подачу кормів за добу.

$$Q_{\text{роз}} = \frac{0,55 \cdot 200 \cdot 0,4}{0,33} = 13,3 \text{ т/год.}$$

Таку продуктивність може забезпечити роботизований кормороздавач типу FEEDR від Sierplo (табл. 2.2).

Проведемо вибір насосної установки для водопостачання товарної ферми на 50 нетелів, 160 телят, 60 голів молодняка, 174 свиней. Ферму обслуговує 36 чоловік.

По табл. 10.1 [7] добові норми споживання води однією твариною: для, молодняка  $q_m = 30$  л/добу, нетелів  $q_{\text{нет}} = 60$  л/добу, телят  $q_{\text{тел}} = 20$  л/добу, свиней  $q_{\text{св}} = 25$  л/добу. Середньодобова витрата води на одного працівника ферми  $q_{\text{пр}} = 50$  л/добу.

## Технічна характеристика FEEDR від Sieplo

|                       |                                                               |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------|
| Параметр              | Характеристика                                                |
| Модель                | FEEDR                                                         |
| Виробник              | Sieplo                                                        |
| Тип машини            | Автоматичний робот-кормороздавач                              |
| Призначення           | Приготування, змішування та роздача корму                     |
| Тип приводу           | Електричний                                                   |
| Живлення              | Акумуляторні батареї (літієві)                                |
| Зарядка               | Автоматична (док-станція)                                     |
| Двигун                | Безщітковий електродвигун                                     |
| Матеріал корпусу      | Нержавіюча сталь                                              |
| Система<br>змішування | Вертикальні шнеки                                             |
| Система дозування     | Автоматична, з високою точністю                               |
| Система<br>зважування | Вбудовані ваги                                                |
| Навігація             | Автоматична (сенсори/маршрути)                                |
| Керування             | Комп'ютер / мобільний додаток                                 |
| Автономність          | Повністю автоматична робота                                   |
| Режим роботи          | Багаторазове годування протягом доби                          |
| Сфера застосування    | ВРХ, телята, вівці, кози                                      |
| Основні функції       | Змішування, транспортування, роздача корму                    |
| Переваги              | Економія корму, зменшення витрат праці,<br>точність дозування |



Рис. 2.1. Кормороздавач типу FEEDR від Sieplo

Прибирання гною із стійлового приміщення телятника буде виконуватися роботом-прибиральником Lely Discovery 120 Collector (табл. 2.4.)

Середньодобове споживання води на фермі, м<sup>3</sup>/добу, визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{с.д.}} = \sum_{i=1}^{i=n} q_i \cdot m_i . \quad (2.2)$$

де  $q_i$  – добова норма витрат води одним споживачем  $i$ - го виду, м<sup>3</sup>/добу;  $m_i$  – кількість споживачів  $i$ - го виду;  $n_i$  – кількість видів споживачів.

$$Q_{\text{с. д.}} = 100 \cdot 380 + 60 \cdot 50 + 160 \cdot 20 + 60 \cdot 30 + 174 \cdot 25 = 52630 \text{ л/добу} = 52,63 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 13   |

**Технічні дані робота-прибиральника гною Lely Discovery 120 Collector**

| Найменування параметрів          | Показник           |
|----------------------------------|--------------------|
| Довжина                          | 141 см             |
| Ширина                           | 119 см             |
| Висота                           | 61 см              |
| Суха маса                        | 370 кг             |
| Місткість ємності для гною       | 340 л              |
| Обсяг водяних мішків (загальний) | 70 л               |
| Звичайна площа ємності:          |                    |
| Кількість телят                  | 100                |
| Площа очищення                   | 500 м <sup>2</sup> |
| Показник енергоспоживання        | 3 кВт/день         |
| Показник споживання води         | 700л/день          |
| Швидкість руху                   | 10-20 см/с         |
| Час зарядки батареї              | 6 год              |



Рис. 2.2. Робот-прибиральник Lely Discovery 120 Collector

Максимальні годинні витрати води, м<sup>3</sup>/год:

$$Q_{\max.\text{год}} = \frac{Q_{\text{с.д}} \cdot \alpha_{\text{доб}} \cdot \alpha_{\text{год}}}{24} \quad (2.4)$$

де  $\alpha_{\text{доб}}$ ,  $\alpha_{\text{год}}$  — коефіцієнт добової і годинної нерівномірності споживання води,  $\alpha_{\text{доб}} = 1,3$ ;  $\alpha_{\text{год}} = 2,5$  [7]

$Q_{с. д.}$  – середньодобові витрати води, м<sup>3</sup>/добу

$$Q_{max.год} = \frac{52,63 \cdot 1,3 \cdot 2,5}{24} = 7,13 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Таблиця 2.5.

### Технічні дані водонагрівача САЗС-400/90-ІІ

| Найменування параметрів                    | Показник |
|--------------------------------------------|----------|
| Місткість води, л                          | 400      |
| Потужність, кВт                            | 12       |
| Номінальна напруга, В                      | 280      |
| Максимальна температура води на виході, °С | 90       |
| Потужність електродвигуна насоса, кВт      | 0,37     |
| Коефіцієнт корисної дії, %                 | 96       |
| Швидкість охолодження води, °С/год.        | 1        |
| Маса водонагрівача, кг                     | 210      |

Визначаємо протипожежний запас води, м<sup>3</sup>, за формулою:

$$V_{\text{пож}} = 3,6 \cdot Q_{\text{пож}} \cdot n_{\text{пож}} \cdot t_{\text{пож}} \quad (2.5)$$

де  $Q_{\text{пож}}$  – витрати води на гасіння пожежі, л/с. Приймаємо  $Q_{\text{пож}} = 10$  л/с;  
 $n_{\text{пож}}$  – розрахункова кількість пожеж. Приймаємо  $n_{\text{пож}} = 1$ .  $t_{\text{пож}}$  – тривалість гасіння пожежі, год. Приймаємо  $t_{\text{пож}} = 0,17$  год.

$$V_{\text{пож}} = 3,6 \cdot 10 \cdot 1 \cdot 0,17 = 6,12 \text{ м}^3.$$

Аварійний запас води, м<sup>3</sup>:

$$V_{\text{ав}} = Q_{\text{max.год}} \cdot t_{\text{ав}} \quad (2.6)$$

де  $Q_{\text{max.год}}$  – максимальні годинні витрати води, м<sup>3</sup>/год;  $t_{\text{ав}}$  – час, необхідний для усунення можливої аварії. Приймаємо  $t_{\text{ав}} = 2,5$  год.

$$V_{\text{ав}} = 7,13 \cdot 2,5 = 17,83 \text{ м}^3.$$

Регульований об'єм води в баку водонапірної башти автоматизованої

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 15   |

установки, м<sup>3</sup>:

$$V_{\text{рег}} = 0,01 \frac{Q_{\text{с.д}} \cdot \alpha_{\text{доб}} \cdot \alpha_{\text{год}}}{n} \quad (2.7)$$

де  $Q_{\text{с.д}}$  – середньодобові витрати води, м<sup>3</sup>/добу;  $\alpha_{\text{доб}}$ ,  $\alpha_{\text{год}}$  — коефіцієнт добової і годинної нерівномірності споживання води,  $\alpha_{\text{доб}} = 1,3$ ;  $\alpha_{\text{год}} = 2,5$ .  $n$  – кількість вмикань насоса за годину. Приймаємо  $n = 5$ .

$$V_{\text{рег}} = 0,01 \frac{52,63 \cdot 1,3 \cdot 2,5}{5} = 0,34 \text{ м}^3.$$

Знаходимо розрахунковий об'єм бака водонапірної башти, м<sup>3</sup>:

$$V_{\text{б.р.}} = V_{\text{рег.}} + V_{\text{ав}} + V_{\text{пож}}; \quad (2.8)$$

$$V_{\text{б.р.}} = 0,34 + 17,83 + 6,12 = 24,29 \text{ м}^3.$$

Відповідно до геодезичних даних розрахункова висота водонапірної башти повинна бути  $H_{\text{б.р.}} = 14$  м.

Згідно умови  $V_{\text{б...}} \geq V_{\text{б.р.}}$  і  $H_{\text{б}} \geq H_{\text{б.р.}}$  вибираємо водонапірну башту типу БР-25У об'ємом бака  $V_{\text{б...}} = 25$  м<sup>3</sup> і висотою від землі до дна бака  $H_{\text{б}} = 15$  м. Як видно  $V_{\text{б...}} = 25 \text{ м}^3 > V_{\text{б.р.}} = 24,29 \text{ м}^3$  і  $H_{\text{б}} = 15 \text{ м} > H_{\text{б.р.}} = 14$  м., тобто умова виконується.

Технічні характеристики водонапірної башти: діаметр бака  $D_{\text{б}} = 3000$  мм; висота до дна бака  $H_{\text{б}} = 15$  м; резервний об'єм води в опорі  $V_{\text{о...}} = 18$  м<sup>3</sup>.

Розрахунковий напір згідно геодезичних розрахункових даних повинен бути  $H_{\text{р.}} = 76,3$  м.

За максимальними годинними витратами  $Q_{\text{мах.год.}} = 7,13$  м<sup>3</sup>/год і розрахунковим напором  $H_{\text{р.}} = 76,3$  м вибираємо заглибний насос типу ЗЕЦВ6-10-80, який має номінальну подачу  $Q_{\text{ном.н.}} = 10$  м<sup>3</sup>/год і напором  $H_{\text{ном. н.}} = 80$  м.

Автоматичне керування водонасосною установкою баштового типу здійснюється з шафи керування, що знаходиться поряд з скважиною і живиться від трансформаторної підстанції.

Дані вибору технологічного обладнання приведені в табл. 2.6.

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |       |      |                                    | 16   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    |      |

## Дані вибору технологічного обладнання телятника

| № п/п | Назва                     | Кількість | Тип, марка                          | Продуктивність             | Споживана потужність, кВт |
|-------|---------------------------|-----------|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 1     | Робот для прибирання гною | 2         | Lely Discovery 120 Collector        | 500 м2                     | 3                         |
| 2     | Роздача кормів            | 1         | Кормороздавач типу FEEDR від Sieplo | 13...25м <sup>3</sup> /год |                           |
| 3     | Вентиляційна установка    | 1         | ВЕНТС ВУЕ 100 П                     | 25120 Дж/год               | 5                         |
| 4     | Підігрів води             | 1         | САЗС400/90-И1                       | 400 л/год                  | 12,37                     |

## 2.2. Розрахунок і вибір вентиляційних установок

Продуктивність тварин в великій мірі залежить від мікроклімату приміщень, в яких вони утримуються. Мікроклімат в тваринницьких приміщеннях повинен відповідати зоотехнічним вимогам, при невідповідності яких у тварин погіршується стан, знижується продуктивність, з'являються різні хвороби.

Природний повітряний обмін не може забезпечити достатню вентиляцію, тому в телятнику необхідно передбачати примусову, припливно-витяжну вентиляцію, яка забезпечує видалення із приміщення забрудненого повітря з одночасною подачею свіжого.

Розрахунок вентиляції проводимо, виходячи з умов видалення із приміщення надмірної кількості вуглекислого газу, вологи та тепла.

Обмін повітря, м<sup>3</sup>/год, потрібний для видалення зайвого вуглекислого газу, визначаємо по формулі:

$$L_{\text{вуг}} = \frac{1,2 \cdot C_m \cdot n}{C_{\text{дп}} - C_3} \quad (2.9)$$

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 17   |

де  $C_m$  — кількість вуглекислого газу, який виділяє одна тварина.  $C_m = 142$  л/год;

$n$  — кількість тварин у приміщенні;  $n = 200$  голів ;

$C_{дп}$  — допустима кількість газу в приміщенні.  $C_{дп} = 0,0025$  л/м<sup>3</sup> ;

$C_3$  — кількість вуглекислого газу у зовнішньому повітрі.  $C_3 = 0,0003$  л/м<sup>3</sup>.

$$L_{\text{вуг}} = \frac{1,2 \cdot 0,142 \cdot 200}{0,0025 - 0,0003} = 15491 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Обмін повітря, м<sup>3</sup>/год, необхідний для видалення надмірної вологості:

$$L_{\text{вол}} = \frac{1,1 \cdot W_m \cdot n}{W_{дп} - w_3}. \quad (2.10)$$

де  $W_m$  — кількість водяної пари, г/год, яка виділяється однією твариною.

$W_m = 455$  г/год ;  $n$  — кількість тварин .  $n = 200$  голів;

$W_{дп}$  — допустима норма вмісту водяної пари у повітрі приміщення, г/м<sup>3</sup>;  $W_3$  — вміст водяної пари у зовнішньому повітрі, г/м<sup>3</sup> ;

Значення  $W_{дп}$  і  $W_3$  визначають за формулами:

$$W_3 = W_{н.п} \cdot \frac{\varphi_3}{100}. \quad (2.11)$$

$$W_{дп} = W_{нз} \cdot \frac{\varphi_n}{100}. \quad (2.12)$$

де  $W_{н.п}$  і  $W_{нз}$  — вміст водяної пари при повному її насиченні відповідно при оптимальній для даного приміщення температурі та при розрахунковій температурі зовнішнього повітря, г/м<sup>3</sup>;

$\varphi_n$  і  $\varphi_3$  — відносні вологості у приміщенні і надворі, %.  $W_{н.п} = 5,98$  г/м<sup>3</sup> ;  $W_{нз} = 0,88$  г/м<sup>3</sup> ;  $\varphi_n = 85\%$  ;  $\varphi_3 = 83\%$ . Тоді:

$$W_{дп} = 5,98 \cdot 85/100 = 5,08 \text{ г/м}^3;$$

$$W_3 = 0,88 \cdot 83/100 = 0,73 \text{ г/м}^3;$$

Підставляючи дані в формулу:

$$L_{\text{вол}} = \frac{1,1 \cdot 455 \cdot 200}{5,08 - 0,73} = 22000 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Обмін повітря, м<sup>3</sup>/год, необхідний для видалення зайвої теплоти:

$$L_M = \frac{(q_m \cdot n - Q_{ог}) \cdot (1 + \alpha \cdot Q_n)}{C_v \cdot (\theta_n - \theta_3)}. \quad (2.13)$$

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 18   |

де  $q_m$  — кількість вільної теплоти, що виділяється однією твариною, кДж/год.

$$q_m = 2855 \text{ кДж/год};$$

$n$  — кількість тварин;  $n = 200$  голів;

$Q_{ог}$  — втрати теплоти через зовнішні огорожі, 2855 кДж/год;

$\alpha = 1/273$  — температурний коефіцієнт розширення повітря,  $1/0C$ ;

$C_v = 1,283 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{град}$  — питома об'ємна теплоємність повітря;

$\theta_n$  і  $\theta_z$  — температура повітря у приміщенні і надворі,  $^0C$ .

Втрати теплоти через зовнішні огорожі, кДж/год, наближено визначаємо за формулою:

$$Q_{ог} = V \cdot q_o (\theta_n - \theta_z). \quad (2.14)$$

де  $V$  — об'єм будівлі за зовнішнім обміром,  $\text{м}^3$ .

$$V = 72 \cdot 21 \cdot 3,5 = 5292 \text{ м}^3;$$

$q_o$  — теплова характеристика приміщення. Приймаємо  $q_o = 2,5 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{град} \cdot \text{год}$

$$Q_{ог} = 5292 \cdot 2,5 \cdot (24 - 18) = 79380 \text{ кДж/год}.$$

Підставляючи в формулу:

$$L_m = \frac{(2855 \cdot 200 - 79380) \cdot (1 + \frac{1}{273} \cdot 24)}{1,283 \cdot (24 - 18)} = 64367 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Повітряний обмін для телятника приймаємо по видаленню тепла, який найбільший.

Годинна кратність обміну повітря у вентильованому приміщенні, разів за годину:

$$K_0 = L_p / V. \quad (2.15)$$

де  $L_p$  — розрахункова подача вентиляційної системи. Приймаємо  $L_p = L_m = 64367 \text{ м}^3/\text{год}$ ;  $V$  — об'єм приміщення.  $V = 5292 \text{ м}^3$

$$K_0 = \frac{64367}{5292} = 12,16.$$

Так як  $K_0 > 3$ , то приймаємо примусову (штучну) вентиляцію. Для вентиляції приміщення вибираємо вентиляційну установку ВЕНТС ВУЕ 100 П припливно-витяжна установка з рекуперацією тепла.

### 2.3. Перевірка електродвигунів приводу технологічного обладнання на відповідність параметрам мережі живлення і умовам навколишнього середовища

Для перевірки параметрів вентиляційного обладнання, зокрема електродвигун приводу витяжного вентилятора GMT-80-037T PR.

Технічні параметри вентилятора:

- подача:  $L = 1760 \text{ м}^3/\text{год} = 0,488 \text{ м}^3/\text{с}$ ;
- тиск:  $p = 48 \text{ кг/м}^2 = 470,4 \text{ Па}$ ;
- частота обертання: 2730 об/хв.

У зв'язку з тим, що частота обертання вентилятора 2730 об/хв, тому необхідно вибрати електродвигун із синхронною частотою обертання 3000 об/хв.

Навантаження на електродвигун стале, режим роботи електродвигуна тривалий – S1.

Конструктивне виконання електродвигуна приймаємо ІМ 1081 – двигун на лапах з двома підшипниками, з одним циліндричним кінцем валу, положення в просторі будь-яке.

Споживана вентилятором потужність (кВт), визначається формулою:

$$P_B = \frac{Lp}{1000 \cdot \eta_B}, \quad (2.16)$$

де  $L$  – подача вентилятора,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $p$  – тиск вентилятора,  $\text{Па}$ ;  $\eta_B$  – ККД вентилятора,  $\eta_B = 0,8$ .

Звідси:

$$P_B = \frac{0,488 \cdot 470,4}{1000 \cdot 0,8} = 0,29 \text{ кВт}.$$

Визначення потужності електродвигуна для приводу вентилятора проводиться за формулою:

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 20   |

$$P_{\text{дв.ном}} \geq K_{\text{зап}} \cdot \frac{P_{\text{в}}}{\eta_{\text{пер}}}, \quad (2.17)$$

де  $K_{\text{зап}}$  – коефіцієнт запасу, що залежить від типу та потужності електродвигуна,  $K_{\text{зап}} = 1,5$ ;

$\eta_{\text{пер}}$  – ККД передачі; оскільки вал електродвигуна і вал вентилятора з'єднані жорстко, то  $\eta_{\text{пер}} = 1$ ;

$$P_{\text{дв.ном}} \geq 1,5 \cdot \frac{0,29}{1} = 0,495 \text{ кВт.}$$

Обираємо електродвигун загальнопромислового виконання з найближчою більшою номінальною потужністю АИР63В2У2.

Паспортні дані електродвигуна:  $P_{\text{н.дв}} = 0,55 \text{ кВт}$ ,  $I_{\text{н}} = 1,31 \text{ А}$ ,  $\eta = 75\%$ ,  $\cos \varphi = 0,85$ ,  $N_{\text{н}} = 2730 \text{ об/хв}$ ,  $M_{\text{пуск}}/M_{\text{н}} = 2,2$ ,  $M_{\text{мін}}/M_{\text{н}} = 1,8$ ,  $\mu_{\text{к}} = M_{\text{max}}/M_{\text{н}} = 2,2$ ,  $J_{\text{р}} = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .

Здійснюємо перевірку даного електродвигуна на відповідність робочій машині, тобто відцентровому вентилятору GMT-80-037T PR.

Користуючись даними довідника для електродвигуна [8], побудуємо його природну механічну характеристику  $M_{\text{дв.}} = f(n)$  за п'ятьма точками.

Точка 1 – неробочий хід:  $M_1 = 0$ ,  $s_1 = 0$ ;

Точка 2 – номінальний режим роботи:  $M_2 = M_{\text{н}}$ ,  $s_2 = s_{\text{н}}$ ;

$$M_{\text{н}} = 9550 \cdot \frac{P_{\text{н.дв.}}}{n_{\text{н}}}, \quad (2.18)$$

де  $M_{\text{н}}$  – номінальний обертовий момент електродвигуна, Нм;

$n_{\text{н}}$  – номінальна частота обертання електродвигуна, об/хв.

$$s_{\text{н}} = \frac{n_{\text{с}} - n_{\text{н}}}{n_{\text{с}}}, \quad (2.19)$$

де  $s_{\text{н}}$  – номінальне ковзання двигуна.

Підставивши дані в (3.3) і (3.4), одержимо:

$$M_{\text{н}} = 9550 \cdot \frac{0,55}{2730} = 1,92 \text{ Нм},$$

$$s_{\text{н}} = \frac{3000 - 2730}{3000} = 0,09;$$

Точка 3 - точка максимального моменту  $M_3 = M_{\text{max}}$ ;  $s_3 = s_{\text{max}} = s_{\text{кр}}$ ;

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 21   |

$$M_{max} = \mu_k \cdot M_n = 2,2 \cdot 1,92 = 4,22 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$s_{kp} = \frac{s + \sqrt{s_{kp} \frac{\mu_{kp} - 1}{\mu_1 - 1}}}{1 + \sqrt{s_n \frac{\mu_{kp} - 1}{\mu_1 - 1}}}, \quad (2.20)$$

де  $\mu_1 = M_{max}/M_{пуск}$ , визначається як  $\mu_1 = (M_{max} / M_n) / (M_{пуск} / M_n) = 2,2/2,2 = 1$ .

Оскільки  $\mu_1 = 1$ , то формула (3.5) для розрахунку не підходить. Знаходимо  $s_{kp}$  за довідковими даними.

Отже,  $M_{max} = 4,22 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ;  $s_{kp} = 0,54$ .

Точка 4 – точка мінімального моменту  $M_4 = M_{min}$ ;  $s_4 = 0,8$

$$M_{min} = 1,8 \cdot M_n = 1,8 \cdot 1,92 = 3,456 \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (2.21)$$

Точка 5 – точка пускового моменту  $M_5 = M_{пуск}$ ;  $s_5 = 1$ ;

$$M_{пуск} = \mu_n \cdot M_n = 2,2 \cdot 1,92 = 4,22 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (2.22)$$

Визначимо дані для побудови штучної механічної характеристики  $M'_{\partial\partial} = f(n)$  при зниженні напруги у споживача на  $-5\% U_{ном}$

При цьому використовується формула :

$$M' = (0,95)^2 \cdot M, \quad (2.23)$$

де  $M$  – відповідні значення моментів електродвигуна,  $\text{Н}\cdot\text{м}$ ;

Отримаємо:

$$M'_{ном} = (0,95)^2 \cdot 1,92 = 1,73 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M'_{max} = (0,95)^2 \cdot 4,22 = 3,81 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M'_{min} = (0,95)^2 \cdot 3,456 = 3,12 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M'_{пуск} = (0,95)^2 \cdot 4,22 = 3,81 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

Другу штучну механічну характеристику  $M''_{\partial\partial} = f(n)$  визначають відхилення моментів.

$$\Delta M_{kp(max)} = -10\%; \Delta M_{min} = -20\%; \Delta M_{пуск} = -15\%.$$

$$M''_{max} = 0,9 \cdot M_{max} = 0,9 \cdot 4,22 = 3,798 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M''_{min} = 0,8 \cdot M_{min} = 0,8 \cdot 3,456 = 2,76 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M''_{пуск} = 0,85 \cdot M_{пуск} = 0,85 \cdot 4,22 = 3,43 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M''_n = M_n = 1,92 \text{ Нм};$$

Використовуючи розрахункові дані для побудови механічних характеристик електродвигуна АИР 63В2У2 переносимо до табл. 2.1.

Таблиця 2.1

**Розрахункові дані для побудови механічних характеристик двигуна АИР63В2У2**

|            |   |      |       |       |      |                                            |
|------------|---|------|-------|-------|------|--------------------------------------------|
| $S$        | 0 | 0,09 | 0,54  | 0,8   | 1    | Найменування характеристики                |
| $M$ , Нм   | 0 | 1,92 | 4,22  | 3,456 | 4,22 | природна $M = f(\omega)$                   |
| $M'$ , Нм  | 0 | 1,73 | 3,81  | 3,12  | 3,81 | штучна, при $\Delta U = -5\%$              |
| $M''$ , Нм | 0 | 1,92 | 3,798 | 2,76  | 3,59 | штучна, при відхиленні моментів $\Delta M$ |

Механічну характеристику робочої машини (рис. 2.1), в даному випадку це вентилятор, будемо, використовуючи рівняння:

$$M_c = M_{nom} + (M_{c,ном} - M_{noch}) \cdot (\omega / \omega_n)^x, \quad (2.24)$$

де  $M_c$  – момент статичних опорів машини при частоті обертання  $n$ , Нм;

$M_{noch}$  – момент статичних опорів тертя, Нм;

$M_{c,ном}$  – момент статичних опорів при номінальній частоті обертання вентилятора  $n_{ном}$ , Нм;

$x$  - показник степеню, що характеризує групу машин, для вентилятора  $x=2$ .

$$M_{c,ном} = M_{n,дв} = 1,92 \text{ Нм},$$

$$M_{noch} = 0,1 \cdot M_{c,ном} = 0,1 \cdot 1,92 = 0,192 \text{ Нм}. \quad (2.25)$$

В такому випадку,

$$\omega_n = \pi N_n / 30 = 3,14 \cdot 2780 / 30 = 290,98 \text{ рад/с}. \quad (2.26)$$

Підставимо різні значення частоти обертання  $n$  в формулу (2.24) і зведемо в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

**Розрахункові дані для побудови механічної характеристики вентилятора GMT-80-037T PR**

|                  |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\omega$ , рад/с | 31,4 | 62,8 | 94,2 | 125,6 | 157,0 | 188,4 | 219,8 | 251,2 | 282,6 | 314,0 |
| $M$ , Н·м        | 0,21 | 0,27 | 0,37 | 0,51  | 0,69  | 0,91  | 1,18  | 1,48  | 1,82  | 2,20  |

Використовуючи за основу дані табл. 2.1 і 2.2 будуємо механічні характеристики електродвигуна та вентилятора. Характеристики яких зображені на рис. 2.1.

Беручи за основу ці характеристики будується динамічна характеристика  $M_{дин} = f(\omega)$ ;

$$M_{дин} = M_{дв} - M_c.$$

Застосовуючи динамічну характеристику  $M_{дин} = f(\omega)$  визначається тривалість пуску електродвигуна  $t_n$ .

Необхідно для цього розбити характеристику по осі ординат на рівні ділянки і для кожної ділянки графічно визначається середнє значення динамічного моменту.

Тривалість пуску електродвигуна у даному випадку:

$$t_n = \sum_{i=1}^n \Delta t_i, \quad (2.27)$$

де  $\Delta t_i$  – час пуску двигуна на  $i$ -тій ділянці, с.

$$\Delta t_i = j_{np} \frac{\Delta \omega_i}{\Delta M_{i\text{сеп}}}, \quad (2.28)$$

де  $j_{np}$  – приведений момент інерції до валу електродвигуна,  $\text{кг} \cdot \text{м}^2$ ;

$\Delta \omega_i$  – частота обертання на  $i$ -тій ділянці,  $\text{рад/с}$ ;

$\Delta M_{i\text{сеп}}$  – середній динамічний момент на  $i$ -тій ділянці,  $\text{Нм}$ .

$$j_{np} = J_{p.m} + J_{ов}, \quad (2.29)$$

де  $J_{p.m}$  – момент інерції робочої машини,  $\text{кг} \cdot \text{м}^2$ ;

$J_{дв}$  – момент інерції ротора двигуна,  $\text{кг} \cdot \text{м}^2$ ;  $J_{ов} = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .

Визначається момент інерції робочої машини – вентилятора за формулою:

$$J_{p.m} = m \cdot \rho^2, \quad (2.30)$$

де  $m$  – маса робочого колеса вентилятора,  $\text{кг}$ ;

$\rho$  – радіус інерції робочого колеса вентилятора,  $\text{м}$ .

$$\rho^2 = R^2 / 2, \quad (2.31)$$

де  $R$  – радіус робочого колеса вентилятора,  $\text{м}$ .  $R = 0,125 \text{ м}$ .

У такому разі , підставивши в (2.31), отримаємо:

$$\rho^2 = 0,125^2/2 = 0,0078 \text{ м}^2.$$

Потім за формулою (2.15) отримаємо:

$$J_{p.m} = 0,3 \cdot 0,0078 = 2,34 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

$$J_{np} = 2,34 \cdot 10^{-3} + 0,9 \cdot 10^{-3} = 3,24 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Тоді знаючи, що  $\Delta\omega_1 \div \Delta\omega_9 = 31,4 \text{ рад} \cdot \text{с}$  і підставляючи дані в формулу, отримані результати розрахунків заносимо до табл. 2.3.

Таблиця 2.3

**Розрахунок тривалості пуску електродвигуна**

| $\Delta\omega, \text{с}^{-1}$ | $M_{исер}, \text{Н} \cdot \text{м}$ | $\Delta t, \text{с}$ | $t_n, \text{с}$ |
|-------------------------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------|
| 31,4                          | 3,74                                | 0,027                |                 |
| 31,4                          | 3,28                                | 0,031                |                 |
| 31,4                          | 3,19                                | 0,031                |                 |
| 31,4                          | 3,38                                | 0,030                |                 |
| 31,4                          | 3,57                                | 0,028                |                 |
| 31,4                          | 3,3                                 | 0,030                |                 |
| 31,4                          | 2,74                                | 0,037                |                 |
| 31,4                          | 1,93                                | 0,052                |                 |
| 31,4                          | 0,88                                | 0,115                | 0,381           |

Таким чином , тривалість пуску електродвигуна  $t_n = 0,381 \text{ с}$ .

Визначимо підвищення температури обмотки статора двигуна протягом одного пуску,  $\theta_{пуск}, ^\circ\text{С}$ .

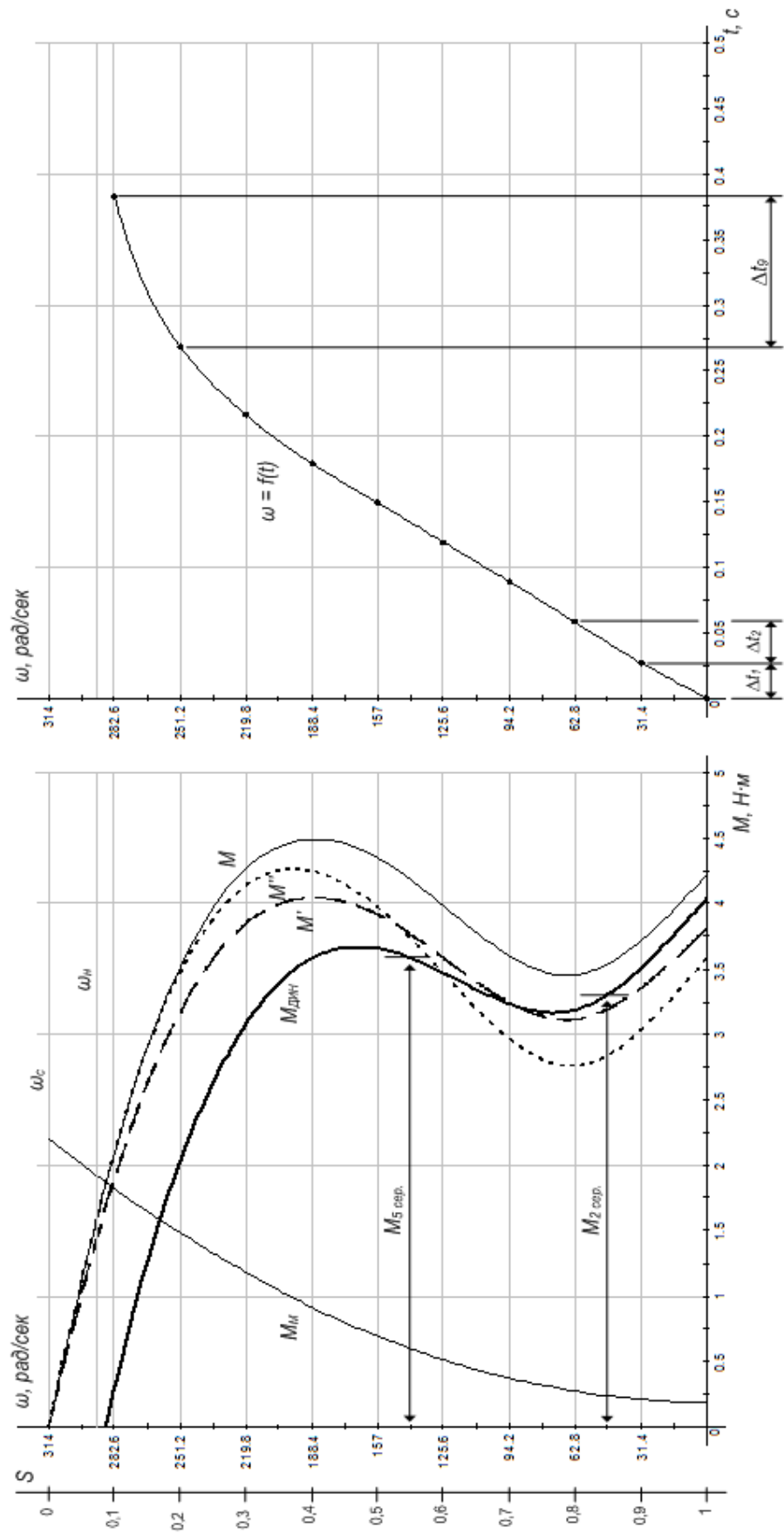


Рис. 2.3. Механічні характеристики електродвигуна і вентилятора та тривалість пуску електродвигуна

$$\theta_{\text{пуск}} = V_t \cdot t_n, \quad (2.32)$$

де  $V_t$  – швидкість нагрівання обмотки статора, °C/с,  $V_t = 8,1$  °C/с.

В такому разі

$$\theta_{\text{пуск}} = 8,1 \cdot 0,381 = 3,09^\circ\text{C}.$$

Клас нагрівостійкості ізоляції електродвигуна [8], що задовільняє допустиму температуру нагрівання обмотки статора 130°C.

Під час пуску температура обмотки двигуна збільшиться на 3,09°C, таким чином він не буде перегріватись.

## 2.4. Вибір пускової і захисної апаратури

Для керування і захисту електрообладнання будемо застосовувати автоматичні вимикачі серії ВА47 і магнітні пускачі серії ПМЛ.

Проведемо вибір пускозахисної апаратури для електродвигуна заглибного насоса типу ЗЕЦВ6-10-80. Дані електродвигуна типу ПЕДВ-4,5-140:  $P_{\text{ном.дв}} = 4,5\text{кВт}$  ;  $I_{\text{ном.дв}} = 10,7\text{А}$  ;  $K_t = 7,0$ . Захист електродвигуна передбачаємо фазочутливим пристроєм типу ФУЗ-М.

Вибір автомата виконуємо по умовах:

1. Номінальна напруга автоматичного вимикача не повинна бути менша напруги мережі

$$U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{мер}}. \quad (2.18)$$

2. Номінальний струм автоматичного вмикача повинен бути не менше номінального струму електродвигуна

$$I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{ном.дв}}. \quad (2.19)$$

3. Номінальний струм нерегульованого розчіплювача автоматичного вимикача повинен бути не менше номінального струму двигуна

$$I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{ном.дв}}. \quad (2.20)$$

Цим умовам відповідає автоматичний вимикач ВА-2012 3Р С 16А, [17]

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 27   |

який має номінальний струм  $I_{н.авт} = 16A$ ; і перевіряємо по умовах:

Струм уставки спрацювання електромагнітного розчіплювача перевіряємо по максимальному короточасному струму лінії (пусковий струм електродвигуна), виходячи з умови:

$$I_{y.e} \geq K_{зап} \cdot K_{p.y} \cdot K_{p.п} \cdot K_i \cdot I_{ном.дв}. \quad (2.21)$$

де  $K_{зап}$  — коефіцієнт запалу. Приймаємо  $K_{зап} = 1,1$ ;

$K_{p.y}$  — коефіцієнт, що враховує неточність (розкид) уставки за струмом спрацювання електромагнітних розчіплювачів. Для автоматів серії ВА-2012  $K_{p.y} = 1,25$ ;

$K_{p.п}$  — коефіцієнт, який враховує можливе відхилення пускового струму від його номінального. Приймаємо  $K_{p.п} = 1,2$ ;

$K_i$  — кратність пускового струму двигуна;

$I_{ном.дв}$  — номінальний струм двигуна, А.

$$I_{y.e} \geq 1,1 \cdot 1,25 \cdot 1,2 \cdot 7 \cdot 10,7 = 123,6A.$$

Струм відсічки електромагнітного розчіплювача автоматичного вимикача.

$$I_{y.e} = K \cdot I_{ном.p}. \quad (2.22)$$

де  $K$  — кратність струму уставки електромагнітного розчіплювача.  $K = 14$ .

$$I_{y.e} = 8 \cdot I_{н.авт} = 8 \cdot 16 = 128A.$$

Як видно  $I_{y.e} = 128A > I_{спр.e} = 123,6A$ . Тому при пуску електродвигуна автоматичний вимикач не спрацює.

Проведемо вибір електромагнітного пускача. Основними умовами вибору є:

Номінальна напруга пускача повинна бути не менше напруги мережі:

$$U_{ном.а} \geq U_{мер}.$$

Номінальний струм пускача не повинен бути меншим від номінального струму двигуна:

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 28   |

$$I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{ном.дв.}}$$

Цим умовам відповідає магнітний пускач типу ПМ-1-12-10, що має  $U_{\text{НР}} = 400\text{В}$ ,  $I_{\text{н.п.}} = 12\text{А}$ ,  $U_{\text{кот}} = 220\text{В}$ , без теплового реле [17] і перевіряємо за умовами:  
 $12\text{А} > 10,7\text{А}$ ;

Перевіримо пускач за умовами комутації:

$$6 \cdot I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{ном.дв.}}, \quad (2.23)$$

$$6 \cdot 12,5 = 75\text{А} > 10,7 \cdot 7 = 74,9\text{А}.$$

Умова виконується.

За напругою втягувальної котушки

$$U_{\text{кот.}} = U_{\text{кер.}}$$

Так, як напруга кола керування  $U_{\text{кер.}} = 220\text{В}$ , то відповідно вибираємо  $U_{\text{кот.}} = 220\text{В}$ .

Аналогічно проводимо вибір іншої пускозахисної апаратури. Дані розрахунків заносимо в табл. 2.7.

## 2.5. Розрахунок силової електропроводки

Від довговічності і надійності електропроводок залежить безперебійність роботи електричних споживачів, безпека людей і тварин, що знаходяться в даному приміщенні.

Провода і кабелі вибираємо в залежності від категорії розміщення, умов навколишнього середовища, виду проводки і способу її прокладки.

Згідно вимог “Правил влаштування електроустановок” силову проводку в телятнику і молочному блоці будемо виконувати в металевих трубах проводами марки ПВ.

Площу поперечного перерізу проводів і кабелів вибираємо виходячи з умов:

По умові нагріву тривалим допустимим струмом:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{розр.}} \quad (2.24)$$

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 29   |

де  $I_{\text{доп}}$  - тривалий допустимий струм приводу, А;

$I_{\text{розр.}}$  - розрахунковий струм, А.

По відповідності перерізу проводу апарату захисту:

$$I_{\text{доп}} \geq K_3 \cdot I_3. \quad (2.25)$$

де  $K_3$  - кратність допустимого тривалого струму провідника по відношенню до номінального струму, або струму спрацювання апарату (для автоматичних вимикачів з комбінованим розчіплювачем  $K_3 = 1$ );

$I_3$  - сила номінального струму або струму спрацювання захисного апарату, для автоматичного вимикача з комбінованим розчіплювачем  $I_3 = I_{\text{н.р.}}$ .

Як приклад проводимо вибір типу і перерізу кабеля до водонасосної установки вибираємо кабель ПВВ, передбачено прокладання на скобах біля тросу.

Визначаємо поперечний переріз проводу виходячи з умов 2.24 і 2.25.

Розрахунковий струм:

$$I_{\text{розр}} = 10,7 \text{ А};$$

Вибираємо провід ПВВ(3х2,5) [10]

$$I_{\text{доп}} = 19 \text{ А};$$

Перевіряємо вибраний провід по умові 2.24

$$19 \text{ А} > 10,7 \text{ А};$$

По умові 2.25 (автоматичний вимикач має комбінований розчіплювач, тобто  $K_3 = 1$   $I_{\text{н.р.}} = 16 \text{ А}$ )

$$19 \text{ А} < 1 \cdot 16 \text{ А}; 19 < 16 \text{ А}.$$

Умова виконується, приймемо поперечний переріз кабеля ПВВ(3х2,5).

Для живлення станції керування враховуючи умови вибору проводів і кабелів вибираємо кабель ВВГ 1, передбачено прокладання кабелю відкрито.

За розрахунковий струм приймаємо номінальний струм водонасосної установки ( $I_{\text{розр}} = 10,7 \text{ А}$ )

Умовам 2.24 і 2.25 відповідає кабель ВВГ1 (3х2,5+1х1,5);  $I_{\text{доп}} = 19 \text{ А}$

Перевіряємо вибраний кабель по умові 2.24

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 30   |

$$19A > 10,7A;$$

$$\text{По умові 2.25 } 19A > 1 \cdot 16;$$

$$19A > 16A;$$

Отже як бачимо, умови виконуються, кабель вибраний вірно. Решту проводів і кабелів установок телятника вибираємо аналогічно. Дані розрахунків представлено в матеріалах презентації.

## 2.6. Розрахунок і вибір освітлювальних установок

Виконаємо розрахунок освітлення приміщень телятника на 200 голів, довжиною 78м, шириною 21м і висотою 3,5 м .

Телятник на 200 голів являється сільськогосподарським споживачем другої категорії напруги живлення мережі 380/220В. У відповідності до вимог “Правил влаштування електроустановок” світлове приміщення телятника відноситься до особливо сухих приміщень хімічно – активним середовищем, а в відношенні ураження людей електричним струмом — до особливо небезпечних приміщень.

Допоміжні приміщення телятника і молочний блок відносяться до вологих приміщень з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом.

Тому, для стійлового приміщення телятника попередньо вибираємо світильники з люмінесцентними лампами типу Ledvance DP SLIM ECO 1200 IP65\_GY, а для допоміжних приміщень світильники з LED лампами типу НСП 21У-200.

Керування освітленням в стійловому приміщенні передбачається централізоване із щитка освітлення, а в інших — по місцю.

Проведемо розрахунок освітлення в стійловому приміщенні телятника методом від світної лінії. Розміри приміщення: А=66м, В=21м, Н=3,5м.

Норма освітленості згідно галузевих норм на рівні підлоги  $E=75\text{лк}$  [5].

Враховуючи характеристику приміщення, приймаємо світильники типу Ledvance DP SLIM ECO 1200 IP65\_GY.

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 31   |

Визначаємо розрахункову висоту підвісу, м:

$$H_p = H - h_{зв}; \quad (2.26)$$

$$H_p = 3,5 - 0,1 = 3,4\text{м.}$$

Приймаємо багаторядне розміщення світильників. Визначаємо віддаль між світильниками, м:

$$L = \lambda \cdot H. \quad (2.27)$$

де  $\lambda$  — коефіцієнт найвигіднішої відносної віддалі між світильниками.

Для косинусного світлорозподілу.

$$\lambda = 1,4 \dots 1,6.$$

Тоді :

$$L_0 = (1,4 \dots 1,6) \cdot 3,4 = (4,76 \dots 5,44)\text{м, приймаємо } L_0 = 5\text{м.}$$

Визначаємо віддаль до стін:

$$L_{\text{стін}} = (0,3 \dots 0,5) \cdot L_0. \quad (2.28)$$

$$L_{\text{стін}} = (0,3 \dots 0,5) \cdot 5 = (1,5 \dots 2,5)\text{м}$$

Приймаємо  $L_{\text{стін}} = 2,5\text{м.}$

Визначаємо кількість рядів світильників:

$$n_p = \frac{B - 2 \cdot L_{\text{стін}}}{L_0} + 1; \quad (2.29)$$

$$n_p = \frac{21 - 2 \cdot 2,5}{5} + 1 = 4,3.$$

Приймаємо  $n_p = 4$ .

Визначаємо щільність світлового потоку, лк, необхідного для створення нормованої освітленості:

$$\Phi' = \frac{1000 \cdot E_n \cdot K \cdot H_p}{\mu \cdot \Sigma e}. \quad (2.30)$$

де  $K$  — коефіцієнт запалу. Приймаємо  $K = 1,3$ ;  $\mu$  — розрахунковий коефіцієнт, який враховує додаткове освітлення створеного віддаленим світильником і частково відбитого світлового потоку. Приймаємо  $\mu = 1,1$ ;  $\Sigma e$  — сумарна відносна освітленість, лк, графіках лінійних ізолюкс.

$$L' = \frac{L_p}{2 \cdot H_p}; \quad (2.31)$$

$$L' = \frac{61}{2 \cdot 3,3} = 9,24;$$

$$p' = \frac{L_0}{2 \cdot H_p} = \frac{4,5}{2 \cdot 3,3} = 0,757.$$

Виходячи з  $L' = 9,24$  і  $p' = 0,757$  знаходимо, що  $e = 60$ лк. Тоді  $\Sigma e = 4 \cdot 60 = 240$ лк.

Підставляючи значення в формулу отримаємо:

$$\Phi' = \frac{1000 \cdot 75 \cdot 1,3 \cdot 3,3}{1,1 \cdot 240} = 1219 \text{ лм/м.}$$

Визначаємо сумарний світловий потік, лм, світильників ряду:

$$\Phi_p = \Phi' \cdot L_p ; \quad (2.32)$$

$$\Phi_p = 1219 \cdot 61 = 74359 \text{ лм.}$$

Знаходимо кількість світильників в ряду:

$$n_a = \frac{\Phi_p}{m \cdot \Phi_{\text{л}}} . \quad (2.33)$$

де  $m$  — кількість ламп в світильнику.

$\Phi_{\text{л}}$  — світловий потік ламп, лм.  $\Phi_{\text{л}}$  — 3000лк.

$$n_a = \frac{74359}{1 \cdot 4300} = 17,2 \text{ шт.}$$

Приймаємо  $n = 17$ шт.

Загальна кількість світильників в приміщенні:

$$N = n_p \cdot n_a ; \quad (2.34)$$

$$N = 4 \cdot 17 = 68 \text{ шт.}$$

Визначаємо дійсний потік, лм, ряду:

$$\Phi_d = n_a \cdot m \cdot \Phi_{\text{л}} ; \quad (2.35)$$

$$\Phi_d = 17 \cdot 1 \cdot 4300 = 73000 \text{ лм.}$$

Знаходимо відхилення дійсного потоку від розрахункового:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_d - \Phi_p}{\Phi_d} ; \quad (2.36)$$

$$\Delta\Phi = \frac{73000 - 74359}{73000} \cdot 100 = -1,8\%.$$

Що допустимо, так як допустиме відхилення освітлення повинно знаходитись в межах  $+20\% \dots -10\%$ .

Для чергового освітлення виділяємо 10% світильників від їх загальної кількості.

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 33   |

$$N_{\text{черг}} = \frac{N}{100} \cdot 10; \quad (2.37)$$

$$N_{\text{черг}} = \frac{52}{100} \cdot 10 = 5,2.$$

Для чергового освітлення в стійловому приміщенні передбачаємо 6 світильників.

Розрахунок освітлення допоміжних приміщень телятника проводимо методом питомої потужності.

Проведемо розрахунок освітлення для щитової телятника. Площа приміщення  $S = 12\text{м}^2$ , нормована освітленість  $E_n = 30\text{лк}$ , коефіцієнт відбиття стелі, стін і підлоги відповідно :  $p_{\text{стелі}} = 50\%$ ,  $p_{\text{стін}} = 30\%$ ,  $p_{\text{підл.}} = 10\%$ .

При  $H_p = 2,4\text{м}$  і  $S = 12\text{м}^2$  і  $E_n = 30\text{лк}$  питома потужність загального освітлення становить  $W = 11,3\text{ Вт/м}^2$ .

Визначаємо розрахункову потужність, Вт, однієї лампи:

$$P_{\text{л}} = \frac{\omega \cdot S}{N}. \quad (2.38)$$

$$P_{\text{л}} = \frac{11,3 \cdot 12}{1} = 135,6\text{ Вт}.$$

Вибираємо лампу Videx A65e 20W E27 потужністю  $P_{\text{л}} = 20\text{Вт}$  і світловим потоком лампи  $\Phi_{\text{л}} = 2100\text{лк}$ ; світильник типу НСП21х200-003-УЗ.

Визначаємо фактичну освітленість, лк:

$$E_{\text{ф}} = \frac{\Phi_{\text{л}} \cdot N \cdot \eta}{k \cdot S \cdot z}. \quad (2.39)$$

Де  $\eta$  — коефіцієнт використання світлового потоку. Приймаємо  $\eta = 0,28$ ;  $k$  — коефіцієнт запасу.  $k = 1,3$ ;  $z$  — коефіцієнт мінімальної освітленості.  $z = 1,2$ .

Тоді:

$$E_{\text{ф}} = \frac{2100 \cdot 1 \cdot 0,28}{1,3 \cdot 12 \cdot 1,2} = 31,4\text{ лк}.$$

Що фактично відповідає нормі.

Розрахунок освітлення для інших приміщень аналогічно. Дані розрахунків приведено в світлотехнічній відомості табл. 2.8.

## 2.7. Розрахунок освітлювальної проводки

Освітлювальну проводку в стійловому приміщенні телятника будемо виконувати на тросу кабелем ВВГ. В інших приміщеннях телятника і молочного блоку по поверхні стін, стелі на скобах кабелем марки ВВГ.

Все освітлювальне навантаження розбиваємо на однофазні групи (табл. 2.9).

Таблиця 2.9.

### Дані розрахунку освітлювальної проводки

| № приміщення на плані         | № групи | Фаза | Встановлена потужність, кВт | Розрахунковий струм, А | Автоматичний вимикач |                | Проводка                  |                  |              |
|-------------------------------|---------|------|-----------------------------|------------------------|----------------------|----------------|---------------------------|------------------|--------------|
|                               |         |      |                             |                        | Тип                  | $I_{ном,р}, А$ | Марка, переріз, кількість | Спосіб прокладки | $I_{доп}, А$ |
| 1                             | 1       | А    | 0,88                        | 5,21                   | ВА2012 1РС           | 6,0            | ВВГ3х2,5                  | Трос             | 21           |
| 1                             | 2       | В    | 0,96                        | 5,68                   | ВА2012 1РС           | 6,0            | ВВГ3х2,5                  | Трос             | 21           |
| 1                             | 3       | С    | 0,96                        | 5,68                   | ВА2012 1РС           | 6,0            | ВВГ3х2,5                  | Трос             | 21           |
| 1                             | 4       | А    | 0,88                        | 5,21                   | ВА2012 1РС           | 6,0            | ВВГ3х2,5                  | Трос             | 21           |
| 1                             | 5       | В    | 0,48                        | 2,84                   | ВА2012 1РС           | 6,0            | ВВГ3х2,5                  | Трос             | 21           |
| 2, 6, 8, зовн                 | 6       | В    | 0,56                        | 2,54                   | ВА2012 1РС           | 6,0            | ВВГ3х2,5                  | Скоби            | 21           |
| 3, 5, 7, 9, зовн              | 7       | А    | 0,65                        | 2,95                   | ВА2012 1РС           | 6,0            | ВВГ3х2,5                  | Скоби            | 21           |
| 4, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 | 8       | В    | 1,2                         | 5,45                   | ВА2012 1РС           | 6,0            | ВВГ3х2,5                  | Скоби            | 21           |

Визначаємо величину струму, А, кожної групи за формулою:

$$I_{гр} = \frac{1,25 \cdot P_{уст.гр}}{U_{\phi} \cdot \cos \varphi}. \quad (2.40)$$

Де 1,25 – коефіцієнт, який враховує втрати в пускорегулюючих пристроях світильників;  $P_{\text{уст. гр.}}$  – установлена потужність групи, Вт;  $U_{\phi}$  – фазна напруга, В;  $\cos\varphi$  – коефіцієнт потужності ламп. Приймаємо  $\cos\varphi = 0,96$

$$I_1 = \frac{1,25 \cdot 880}{220 \cdot 0,96} = 5,21\text{A};$$

$$I_2 = \frac{1,25 \cdot 960}{220 \cdot 0,96} = 5,68\text{A};$$

$$I_3 = \frac{1,25 \cdot 960}{220 \cdot 0,96} = 5,68\text{A};$$

$$I_4 = \frac{1,25 \cdot 880}{220 \cdot 0,96} = 5,21\text{A};$$

$$I_5 = \frac{1,25 \cdot 480}{220 \cdot 0,96} = 2,84\text{A}.$$

В інших групах ввімкнено світильники з LED лампами.

$$I_6 = \frac{P_6}{U_{\phi}} = \frac{560}{220} = 2,54\text{A};$$

$$I_7 = \frac{650}{220} = 2,95\text{A};$$

$$I_8 = \frac{1200}{220} = 5,45\text{A}.$$

Вибираємо освітлювальний щиток ЯРН8501-4024:  $I_{\text{ном}} = 100 \text{ A}$ . Групові автоматичні вимикачі: ВА2012 1РС (9шт.) з  $I_{\text{ном.а}} = 6,0\text{A}$ .

У сільськогосподарських приміщеннях освітлювальні електропроводки прокладають закритим і відкритим способом: на тросах, в пластмасових і сталевих трубах, у каналах будівельних конструкцій, по стінах або на стелі.

Проведемо вибір перерізу кабелю для групи №1. Згідно умови  $I_{\text{доп}} \geq I_p$  вибираємо кабель марки ВВГ перерізом струмопровідних жил  $2,5 \text{ мм}^2$  з  $I_{\text{доп}} = 21\text{A}$ , тобто  $21\text{A} > 5,68\text{A}$ .

Перевіряємо кабель по умові відповідності апарату захисту  $I_{\text{доп}} \geq K_z \cdot I_z$  При захисті освітлювальної проводки від перевантажень  $21\text{A} > 1 \cdot 6,0 = 6,0\text{A}$ .

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 36   |

Умови виконуються, кабель вибрано правильно. Для інших груп розрахунків і вибір проводимо аналогічно. Дані вибору приведені в табл. 2.9 і на аркуші 2 графічної частини.

Розрахунковий струм магістралі, що живить освітлювальний щиток:

$$I_M = \frac{1,25 \sum_1^n P_{л.л.} \cdot 10^3}{\sqrt{3} U_{л.} \cos \varphi} + \frac{\sum_1^n P_{л.р.} \cdot 10^3}{\sqrt{3} U_{л.}} = \frac{1,25 \cdot 4,16 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} + \frac{2,51 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 12,59 \text{ А.}$$

Загальний автоматичний вимикач в освітлювальному щитку ВА2012 3РС 3 з  $I_{ном.а} = 16 \text{ А.}$

Для живлення освітлювального щитка вибираємо кабель ВВГ1(4×2,5):

$$I_{доп} = 19 \text{ А.}$$

Перевіряємо вибраний кабель по умовах:

$$19 \text{ А} > 12,59 \text{ А};$$

$$19 \text{ А} > 1 \cdot 16 = 16 \text{ А.}$$

Умови виконуються, кабель вибрано вірно.

## 2.8. Визначення розрахункової потужності на вводі

Розрахункову потужність на вводі телятника будемо визначати за допомогою графіка електричних навантажень. Споживану електродвигуном (електроприймачем) потужність, кВт, визначаємо за формулою:

$$P_{сп} = \frac{P_{уст.}}{\eta} \cdot K_3. \quad (2,41)$$

де  $P_{уст.}$  – установлена (номінальна) потужність електроприймача, кВт;  $\eta$  – к.к.д. електроприймача;  $K_3$  – середній коефіцієнт завантаження електроприймача. Ці значення приймаємо по табл. 3.7.

Визначимо споживану потужність електродвигуна поздовжнього транспортера типу КСГ-7-02:  $P_{ном. дв.} = 4,0 \text{ кВт}$ ;  $\eta_{ном. дв.} = 0,82$ ;  $K_3 = 0,7$ .

$$P_{сп} = \frac{4}{0,82} \cdot 0,7 = 3,41 \text{ кВт.}$$

Аналогічно проводимо розрахунок для інших електроприймачів. Дані розрахунків приведено в табл. 2.10. Крім того, в цій таблиці вказуємо назви

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 37   |

технологічних операцій, типи робочих машин, а також змінний графік роботи електрообладнання.

Максимальна потужність на вводі телятника складає  $P_{\text{макс.}} = 43,41$  кВт. Визначаємо повну розрахункову потужність, кВА, за формулою:

$$S_p = \frac{P_{\text{макс.}}}{\cos\varphi}. \quad (2.42)$$

Де  $\cos\varphi$  – коефіцієнт потужності сільськогосподарських споживачів. Для тваринницьких приміщень  $\cos\varphi = 0,75$ .

$$S_p = \frac{43,41}{0,75} = 57,88 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Знаючи, що максимально розрахункова потужність  $P_{\text{роз.}}$  становить 43,41кВт. Визначаємо споживаний струм, для вибору головного автоматичного вимикача, що живитиме силовий щит за формулою 2.42.

$$I_p = \frac{P_{\text{роз.}}}{\sqrt{3} \cdot \cos\varphi \cdot U_M}. \quad (2.43)$$

де  $U_M$  - напруга мережі, кВ;

$\cos\varphi$  - коефіцієнт потужності. Приймаємо  $\cos\varphi = 0,75$ ;

$$I_p = \frac{43,41}{1,73 \cdot 0,75 \cdot 0,38} = 88,04 \text{ А}.$$

За розрахунковим струмом вибираємо автоматичний вимикач для захисту установок по умовах 2.43:

$$U_{\text{н.авт}} \geq U_{\text{н.м}};$$

$$I_{\text{н.авт}} \geq I_p; \quad (2.44)$$

$$I_{\text{розч.авт}} \geq I_p.$$

Цим умовам відповідає автоматичний вимикач ВА 2003 3PD з  $I_{\text{н.авт.}} = 100 \text{ А}$ ;  
 $I_{\text{розч.авт}} = 100 \text{ А}$ .

Перевіряємо вибраний автоматичний вимикач по умовах:

$$380 \text{ В} = 380 \text{ В};$$

$$100 \text{ А} > 88,04 \text{ А}.$$

Для живлення щитів керування електрообладнання вибираємо силовий щит по умовах: за призначенням, по кількості груп, за кліматичним виконанням і способом монтажу. Даним умовам відповідає силовий щит ШР11-73518-22У3, який розрахований на 12 груп автоматичних вимикачів.

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 38   |

По умовах вибору приводів і кабелів вводу в приміщення вибираємо кабель СП4 (4х35), з  $I_{\text{доп.}} = 110\text{А}$ . Перевіряємо вибраний кабель по умовах:

$$I_{\text{доп}} \geq I_p;$$

$$I_{\text{доп}} \geq K_3 \cdot I_3;$$

$$110\text{ А} > 88,04\text{А};$$

$$10\text{А} > 1 \cdot 100 = 100\text{А}.$$

Як видно умови виконуються, кабель вибраний вірно.

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 39   |

# РОЗДІЛ 3

## РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ВОДОНАСОСНОЮ УСТАНОВКОЮ

### 3.1. Розробка та аналіз функціональної схеми

Щоб показати функціональне призначення електрообладнання схеми керування, їх взаємозв'язок, розробили функціональну схему (рис. 3.1.).

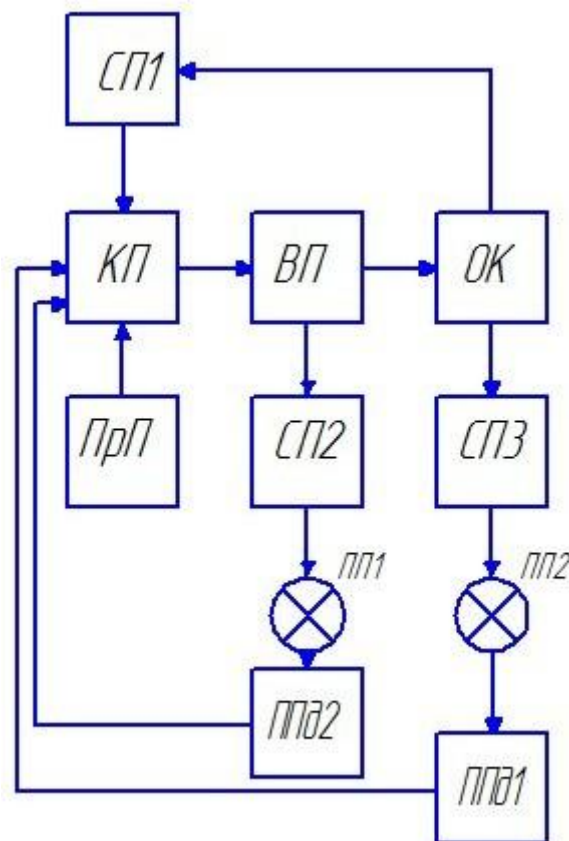


Рис. 3.2. Функціональна схема

ПП – порівнюючий пристрій, ОК – об'єкт керування, водонасосна установка, ВП – виконуючий пристрій, електродвигун, КП – керуючий пристрій, магнітний пускач, ПрП – програмний пристрій, реле часу, ППд – пристрій підсилення, СП – сприймаючий пристрій, датчики тиску, температури.

На функціональній схемі покажемо, що об'єктом автоматизації являється водонасосна установка. Керуючий пристрій КП керується сприймаючими пристроями СП та ПрП. СП1 – при зміні тиску в скважині, він подає сигнал на керуючий пристрій КП, коли малий тиск у скважині КП подає сигнал на

вимикання двигуна насоса. СП2 – пристрій для виміру температури електродвигуна, в разі підвищення температури, він подає сигнал на порівнюючий пристрій ПП1, а ПП1 подає сигнал на пристрій підсилення ППд2, а ППд2 на керуючий пристрій КП – КП вимикає електродвигун. СП3 – пристрій рівня води в скважині, в разі падіння рівня води, СП3 подає сигнал на порівнюючий пристрій ПП2, ПП2 на ППд1, ППд1 на керуючий пристрій КП. Програмний пристрій ПрП – здійснює програмне керування водо насосною установкою КП залежно від заданої програми. КП керує виконуючим пристроєм ВП, а ВП керує об’єктом керування ОК.

### 3.2. Розробка та аналіз функціонально-технологічної схеми

Розміщення технологічного обладнання на установці і у шафі керування та їх функціональне призначення показано на функціонально-технологічній схемі (рис. 3.2). Автоматичне підтримання заданого тиску води в системі водопостачання за допомогою датчика тиску, який знаходиться у водопроводі. Автоматичний захист від перегріву двигуна, за допомогою датчика температури, який знаходиться біля електродвигуна і регулятора. Автоматичний контроль наявності води в скважині, при відсутності води вимикає установку за допомогою датчика рівня води, що знаходиться в скважині.

Опис схеми. РТ – прилад, що реагує на зміну тиску з дистанційною передачею сигналу; LS – прилад, який спрацьовує від рівня, встановлений по місцю; ТЕ – первинний перетворювач, встановлений по місцю; Н – прилад ручного дистанційного управління, який встановлений на щиті; ЕУІС – електричний пристрій для показу і регулювання параметрів; NS – пускова апаратура для керування електродвигуном; КС – прилад для керування процесом по часовій програмі; LT – дистанційна передача рівня.

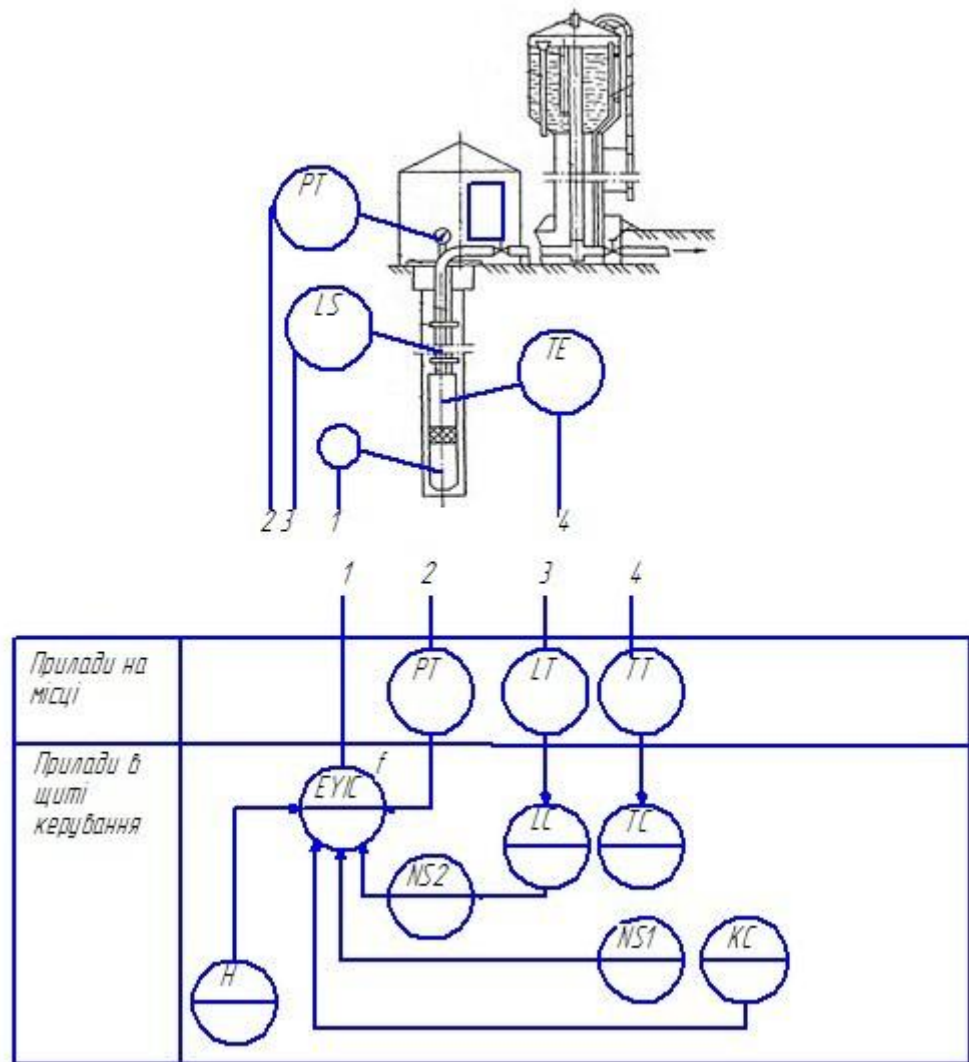


Рис. 3.3. Функціонально-технологічна схема водонасосної установки.

### 3.3. Розробка та аналіз принципової електричної схеми

В автоматичному режимі потрібно ввімкнути поворотну кнопку SA2. При цьому режимі вмикання здійснюється за заданою програмою за допомогою реле часу КТ1, яке має контакт КТ1.1. Відповідно до програми контакт реле часу КТ1.1 замикається і подає напругу на вхід 29 перетворювача частоти, забезпечуючи роботу насоса відповідно до програми заданої під час налаштування частотного перетворювача. Якщо не потрібно вмикання установки за програмою, то реле часу не встановлюється і напруга з перемикача SA2 поступає зразу на вхід 29 перетворювача.

Датчик тиску ВР з аналоговим виходом 4–20 мА підключений до аналогових входів частотного перетворювача (контакти 54, 12, 27 і 33), забезпечує стабілізацію тиску води в системі. Функціонування системи стабілізації забезпечується регулятором перетворювача частоти. Необхідний тиск задається з пульта управління частотного перетворювача.

При «сухому ході» насоса реле KL1 отримує сигнал від електродного датчика рівня SL. В разі відсутності води реле KL1 розмикає контакт в колі котушки реле K2, а його контакти K2.1 розмикаються в колі частотного перетворювача на вході 27, що призводить до вимикання перетворювача і відповідно насосної установки.

Захист насоса від перевантажень здійснюється за допомогою регулятора K4, який має датчики температури, що розміщуються в обмотках двигуна. Під час перегріву обмоток регулятор K4 замикає контакт K4.1 в колі котушки проміжного реле K3. Контакти реле K3.1 замикаються і подають сигнал на вхід 33, повідомляючи про зовнішню несправність та вимикають перетворювач.

Вентилятор В1 здійснює охолодження перетворювача і вмикається контактами R2 частотного перетворювача під час перевищення його температури вище допустимої.

Сигнальні лампи здійснюють сигналізацію роботи перетворювача та наявності аварійних режимів. Захист входних ланцюгів перетворювача частоти та схеми керування від коротких замикань і перевантажень здійснюється автоматичним вимикачем SF1.

### 3.4. Вибір електрообладнання схеми керування

В схемі керування установкою використовуються такі засоби автоматизації: частотний перетворювач, датчик тиску води та різні реле.

Для керування водонасосною установкою використовується частотний перетворювач Danfoss типу VLT AQUA Drive FC202, що має технічні дані наведені в табл. 3.1

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 43   |

Таблиця 3.1.

**Технічна характеристика частотного перетворювача**

| Характеристика        | Величина |
|-----------------------|----------|
| Номінальна потужність | 3 кВт    |
| Напруга при вході     | 400 В    |
| К-ть фаз вхід/вихід   | 3ф/3ф    |
| Макс. робочий струм   | 7,2 А    |

Вибираємо для автоматичного керування датчик тиску ВСТ22 з аналоговим виходом 4-20мА, з характеристиками, які наведені в табл. 3.2

Таблиця 3.2.

**Технічна характеристика датчика тиску**

| Характеристика                              | Величина                |
|---------------------------------------------|-------------------------|
| Максимальна температура робочого середовища | 100°C                   |
| Мінімальна температура робочого середовища  | -40°C                   |
| Ступінь захисту                             | IP65                    |
| Максимальна робоча напруга                  | 30В                     |
| Мінімальна робоча напруга                   | 12В                     |
| Похибка вимірювання                         | 0.5 %                   |
| Діапазон тиску                              | від 100 mBar до 600 Bar |

Для виміру температури електродвигуна вибираємо термореле TER-7 24-240V AC/DC 2\*8A AC1 ETI 2471804, що має технічні дані наведені в табл. 3.3

Таблиця 4.3.

**Технічна характеристика термореле**

| Характеристика                | Величина                     |
|-------------------------------|------------------------------|
| Напруження живлення           | 24-240 В AC/DC               |
| Робоча/температура зберігання | -20...+55 °C / -30...+70 °C  |
| Допуск напруженості живлення  | -15%; +10%;                  |
| Клеми живлення                | A1 - A2                      |
| Квоми виміру                  | Ta - Tb                      |
| Датчик                        | PTC                          |
| Контакти                      | 2 × перекидних               |
| Номінальний струм             | 8 / AC1                      |
| Комутована потужність         | 2000 ВА AC1, 192 Вт DC       |
| Механічний ресурс             | 3 × 10 <sup>7</sup> циклів   |
| Електричний ресурс            | 0,7 × 10 <sup>5</sup> циклів |
| Тип пристрою                  | аналоговий                   |

Для виміру рівня води використовують реле F&F PZ-829 RC 16A +3 датчика PZ (PZ-829 RC) з характеристиками наведеними в табл. 3.4

Таблиця 3.4.

### Технічна характеристика реле рівня

| Характеристика             | Величина                              |
|----------------------------|---------------------------------------|
| Напруга живлення           | 230В 50Гц                             |
| Струм навантаження         | 2х16А                                 |
| Тип контактів реле         | 2 на перемикання                      |
| Регулювання чутливості     | 1-100кОм                              |
| Індикація напруги живлення | зелений світлодіод                    |
| Індикація роботи           | 2 червоних світлодіода                |
| Споживана потужність       | 1,1Вт                                 |
| Підключення проводів       | затискачі гвинтові 2,5мм <sup>2</sup> |
| Розміри                    | 3 модуля типу S (52,5 мм)             |

Вибираємо датчик контактний води з характеристиками наведеними в табл. 3.5

Таблиця 3.5.

### Технічна характеристика датчика вологості

| Характеристика   | Величина                                                            |
|------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Тип              | Електрод з нержавіючої сталі + пластикове покриття + з ізолятор PG9 |
| Габарити         | Ø15мм, L=95мм 2                                                     |
| Тип проводу      | DY 1мм                                                              |
| Напруга живлення | <6В                                                                 |
| Струм споживання | <0,13мА                                                             |

Для автоматичного вмикання вибираємо реле часу Eti CRD-18 24-240В AC/DC 1x8A AC1 (2471558), з характеристиками наведенимим в табл. 3.6.

Вибираємо тумблер за умовами:

$$U_n \geq U_k;$$

$$I_n \geq I_k.$$

Де  $U_n$  і  $I_n$  – номінальна напруга та струм перемикача,  $U_k$  і  $I_k$  – напруга і

струм керування.

Таблиця 3.6.

**Технічна характеристика реле часу**

| Характеристика                                          | Величина         |
|---------------------------------------------------------|------------------|
| Напруга живлення                                        | 24-230В AC/DC    |
| Максимальний струм                                      | 16А              |
| Споживана потужність                                    | 0,5ВА            |
| Тимчасова затримка на ввімкнення навантаження реле часу | 0,1с-999хв       |
| Тимчасова затримка на вимкнення навантаження реле часу  | 0,1с-999хв       |
| Кількість контактів                                     | 1 перемикаючий   |
| Діапазон робочих температур                             | від -10 до +55°С |

Визначаємо струм у колі керування по формулі:

$$I_k = \frac{S_k}{U_k}. \quad (3.1)$$

Де,  $S_k$  – потужність, яку споживає котушка магнітного пускача під час вмикання, для ПМЛ5  $S_k = 84$  ВА;

$U_k$  – напруга кола керування.

$$I_k = \frac{84}{220} = 0,38A.$$

Цим умовам відповідає тумблер серії ТВ2-1, що має струм контактів до 15А, напруга до 220В, два полюси на чотири контакта. Монтується перемикач в передній панелі ящика керування.

Для сигналізації використовуємо LED індикатор напруження на 220В.

Захист кола керування здійснюється за допомогою автоматичного вимикача який вибираємо за умовами:

$$U_{н.авт} \geq U_{н.н}; I_{н.авт} \geq I_{к.к}; I_{розч.авт} \geq I_{к.к}.$$

Умовам відповідає однополюсний автоматичний вимикач АСКО ВА-2017, 1Р 1А 6кА "В", що має номінальний струм 1А, перевіряємо по умовах:

$$230В \geq 220В; 1А \geq 0,38А.$$

Умови виконуються, автоматичний вимикач вибрано правильно.

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 46   |

### 3.5. Розробка схеми внутрішніх з'єднань

Розробка схеми внутрішніх з'єднань шафи керування є важливим етапом в процесі створення електричних систем автоматизації та керування. Шафа керування є центральним елементом системи, де розташовуються електроприлади, контактори, реле, кнопки, лампочки та інші компоненти, що забезпечують контроль та керування промисловими процесами. Ось кілька аспектів розробки схеми внутрішніх з'єднань шафи керування:

Першим кроком є аналіз вимог до системи керування. Це включає визначення потреб у ввімкненні/вимкненні електроприладів, контролі стану різних параметрів, відображенні інформації про стан системи тощо. Важливо врахувати специфіку конкретного застосування шафи керування.

Після аналізу вимог вибираються відповідні компоненти, які включають контактори, реле, кнопки, індикатори, захисні пристрої та інші. Важливо врахувати електричні параметри компонентів, їхню сумісність та відповідність нормам безпеки. Слід розташувати компоненти в шафі керування таким чином, щоб забезпечити зручний доступ та ефективне використання простору. Правильне розташування компонентів сприяє зручності у підключенні та обслуговуванні системи. Розробка схеми включає планування проводки та з'єднань між компонентами. Слід враховувати електричну безпеку, використовувати відповідну маркування та кольорову кодування проводів для зручності монтажу та обслуговування.

Після розробки схеми внутрішніх з'єднань проводиться верифікація та тестування системи. Це включає перевірку правильності з'єднань, відповідність електричних параметрів, перевірку роботи компонентів та системи в цілому.

Розробка схеми внутрішніх з'єднань шафи керування вимагає професійного підходу та знань у галузі електротехніки. Вона має забезпечувати надійну та безпечну роботу системи керування, спрощувати обслуговування та підтримку.

## РОЗДІЛ 4

### РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

#### 4.1. Розробка заходів по компенсації реактивної потужності

Розробка заходів по компенсації реактивної потужності є важливою частиною оптимізації електричних систем і забезпечення ефективного використання електроенергії. Ось кілька аспектів розробки таких заходів:

Першим кроком є аналіз системи електроживлення для визначення рівня реактивної потужності та її впливу на ефективність системи. Це включає вимірювання коефіцієнта потужності та інших параметрів, що характеризують реактивну потужність.

Після аналізу системи вибирається відповідне компенсаційне обладнання, таке як конденсатори або статичні компенсатори реактивної потужності. Важливо врахувати потужність, напругу та інші параметри системи для підбору оптимального обладнання.

Проводиться розрахунок необхідних компенсаційних потужностей для забезпечення бажаного рівня коефіцієнта потужності. Це включає визначення необхідних ємностей конденсаторів або налаштування статичних компенсаторів. Слід розташувати компенсаційне обладнання на відповідних точках системи електроживлення для досягнення максимальної ефективності компенсації реактивної потужності. Це може включати розташування конденсаторів біля споживачів або на підстанціях.

Розробка заходів по компенсації реактивної потужності також включає налагодження системи моніторингу, яка контролює рівень реактивної потужності та ефективність компенсації. Потрібно встановити механізми для перевірки та підтримки компенсаційного обладнання.

Розробка заходів по компенсації реактивної потужності сприяє покращенню ефективності електричних систем, зменшенню втрат енергії та покращенню якості постачання електроенергії. Вона допомагає економити електроенергію та знижувати екологічний вплив, що є важливими аспектами сталого розвитку.

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-KP.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 48   |

## 4.2 Розробка заходів по економії електричної енергії

Розробка заходів по економії електричної енергії для молочної тваринної ферми є важливим кроком у забезпеченні ефективного використання ресурсів та зменшенні витрат. Ось кілька заходів, які можуть бути розроблені для досягнення цієї мети:

- Енергоефективне освітлення: Заміна старих неефективних ламп на енергоефективні LED-лампи допоможе знизити споживання електроенергії.

Також варто встановити сенсори руху та автоматичне вимкнення освітлення в пустих приміщеннях.

- Оптимізація системи вентиляції: Використання енергоефективних вентиляторів та систем контролю температури допоможе зменшити споживання електроенергії для підтримки оптимального клімату в приміщеннях.

- Ефективне керування насосними системами: Встановлення частотних приводів на насосні системи дозволить регулювати їх швидкість в залежності від потреб, що допоможе знизити споживання електроенергії.

- Утеплення будівель: Підтримка оптимальної температури в приміщеннях за допомогою утеплення стін, дахів та перекриттів допоможе знизити втрати енергії через теплопередачу.

- Моніторинг споживання електроенергії: Встановлення системи моніторингу електроенергії дозволить відстежувати споживання та ідентифікувати можливі місця розсіювання енергії, що сприятиме раціональному використанню ресурсів.

- Залучення енергії з відновлюваних джерел: Розгляд можливості встановлення сонячних панелей або вітрових установок допоможе зменшити залежність від традиційних джерел енергії та знизити витрати на електроенергію.

Розробка цих заходів допоможе молочній тваринній фермі знизити витрати на електроенергію, забезпечити енергоефективну роботу та сприяти розвитку.

#### 4.3. Визначення економічних показників автоматизації об'єкта

Економічна ефективність автоматизації установки визначимо порівнянням двох варіантів, один з них без використання засобів автоматизації, другий з ними.

Визначимо капітальні витрати для двох варіантів. Капітальні витрати на технологічне обладнання визначаємо по узагальненим даним.

Середня вартість електросилової одиниці (електродвигуна) з пускозахисною апаратурою, установкою і наладкою становить 10000 грн.

Загальні капітальні витрати визначаємо по формулі:

$$K_1 = 10000 \cdot n_a. \quad (4.1)$$

де:  $n_a$  - кількість одиниць силового обладнання в установці.

$$K_1 = 10000 \cdot 1 = 10000 \text{ грн.}$$

Капітальні витрати на автоматизацію установки становлять 10-40% від загальних витрат на технологічне обладнання і визначаємо по формулі:

$$K_2 = 10000 \cdot n_a \cdot K_a. \quad (4.2)$$

де:  $K_a$  - коефіцієнт, який залежить від кількості і складності технічних засобів автоматизації, які використовуються в установці,  $K_a = 1,1-1,4$ :

$$K_2 = 10000 \cdot 1 \cdot 1,4 = 14000 \text{ грн.}$$

Визначаємо експлуатаційні витрати по обох варіантах.

Вартість електроенергії, яка використовується за рік установкою визначається за формулою 4.3:

$$C_{ел} = A_n \cdot C_o. \quad (4.3)$$

де:  $C_o$  - тариф за електроенергію, грн/кВт год;  $A_n$  - кількість споживаної електроенергії установкою за рік кВт.

Для розрахунків використовуємо формулу 4.4.

$$A_n = \frac{P \cdot K_3 \cdot T}{\eta}. \quad (4.4)$$

де,  $P$  – потужність силового обладнання установки, кВт;  $K_3$  - коефіцієнт завантаження;  $\eta$  - ККД двигуна, установки;  $T$  - час роботи установки за рік (час роботи, за добу перемножуємо на кількість днів роботи установки в рік).

$$A_n = \frac{4,5 \cdot 0,82 \cdot 12 \cdot 365}{0,745} = 21694,23 \text{ кВт.}$$

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 50   |

$$C_{\text{ел}} = 21694,23 \cdot 6,05 = 131250 \text{ грн.}$$

Заробітну плату на чергування одного робітника за рік визначаємо по формулі 4.5.

$$C_{\text{з.п.}} = Z_p \cdot T_p. \quad (4.5)$$

де:  $Z_p$  - ставка одного чергового робітника, грн/год;  $T_p$  - час роботи чергового робітника в рік на установці, год.

$$Z_p = \frac{Z_m \cdot K_c}{H}. \quad (4.6)$$

де:  $Z_m$  – розмір мінімальної місячної зарплати,  $Z_m = 8400$  грн в місяць;  $K_c$  - коефіцієнт співвідношення тарифної ставки робітника 1- го розряду і мінімального розміру тарифної ставки, яку виконує некваліфікований робітник: в тваринництві – 1,18, в рослинництві – 1,02, в ремонтних майстернях – 1,08;  $H$  – норма тривалості робочого часу в місяць при 40 годинному робочому тижні,  $H = 166,83$  год.

$$Z_p = \frac{8400 \cdot 1,18}{166,83} = 59,39 \text{ грн/год};$$

$$T_p = D \cdot \Phi \cdot L. \quad (4.7)$$

де:  $D$  - тривалість роботи робітника в день на установці, год;  $\Phi$  - річна кількість днів роботи установки;  $L$  - кількість робітників на установці.

$$T_{p1} = 12 \cdot 365 \cdot 1 = 4380 \text{ год};$$

$$T_{p2} = 0 \text{ год};$$

$$C_{\text{з.п1.}} = 59,39 \cdot 4380 = 260756 \text{ грн};$$

$$C_{\text{з.п2.}} = 0 \text{ грн.}$$

Відрахування на амортизацію становить 12% від капітальних вкладень на установку і визначається по формулі 5.8.

$$C_a = 0,12 \cdot K; \quad (4.8)$$

$$C_{a1} = 0,12 \cdot 10000 = 1200 \text{ грн};$$

$$C_{a2} = 0,12 \cdot 14000 = 1680 \text{ грн.}$$

Відрахування на поточний ремонт становить 3% від капітальних вкладень на установку і визначається по формулі 4.9.

$$C_p = 0,03 \cdot K; \quad (4.9)$$

$$C_{p1} = 0,03 \cdot 10000 = 300 \text{ грн};$$

$$C_{p2} = 0,03 \cdot 14000 = 420 \text{ грн.}$$

Загальні річні експлуатаційні, витрати по кожному варіанту визначимо.

$$C_1 = C_{\text{ел.1}} + C_{\text{з.п.1}} + C_{\text{а.1}} + C_{\text{р.1}}; \quad (4.10)$$

$$C_2 = C_{\text{ел.2}} + C_{\text{з.п.2}} + C_{\text{а.2}} + C_{\text{р.2}};$$

$$C_1 = 131250 + 207566 + 1200 + 300 = 340316 \text{ грн};$$

$$C_2 = 131250 + 0 + 1680 + 420 = 133350 \text{ грн.}$$

При порівнянні двох варіантів визначимо коефіцієнт порівняльної ефективності по формулі 5.11:

$$E = \frac{C_1 - C_2}{K_2 - K_1}; \quad (4.11)$$

$$E = \frac{340316 - 133350}{14000 - 10000} = 51,81.$$

Якщо  $E > E_n$  - нормативного коефіцієнта ефективності капітальних вкладень,  $E_n = 0,08$  для сільського господарства - то варіант з більшими вкладеннями є економічно ефективним.

Економічну ефективність автоматизації установки визначаємо по формулі 4.12:

$$E_o = (C_1 - C_2) - E_n \cdot (K_2 - K_1); \quad (4.12)$$

$$E_o = (340316 - 133350) - 0,08 (14000 - 10000) = 206646,27 \text{ грн.}$$

Зведені витрати на амортизацію визначаємо по формулі 5.13.

$$З_{\text{п}} = E_n \cdot K_2 + C_2; \quad (4.13)$$

$$З_{\text{п}} = 0,08 \cdot 14000 + 133350 = 134470 \text{ грн.}$$

Додаткову рентабельність при автоматизації визначаємо по формулі 4.14:

$$P = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \cdot 100\%; \quad (4.14)$$

$$P = \frac{340316 - 133350}{340316} \cdot 100\% = 60.5\%.$$

Строк окупності капітальних вкладень, які використані на автоматизацію установки визначимо по формулі 4.15:

$$T = \frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2}. \quad (4.15)$$

$$T = \frac{14000 - 10000}{340316 - 133350} = 0,02 \text{ року} = 1 \text{ місяць.}$$

Про розрахунках видно, що при економічній ефективності 206646,27 гривні, засоби автоматизації окупляться за 0,02 року, тобто за один місяць.

## РОЗДІЛ 5

### ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЇ

#### 5.1. Розробка заходів з охорони праці

Обслуговування електроустановок напругою до 1000В здійснюється експлуатаційним персоналом, який має кваліфікаційну групу не нижче 3 і віком не менше 18 років. Об'єм робіт, що дозволяється виконувати при експлуатації електроустановок, повинен бути затверджений головним енергетиком господарства. Експлуатаційному персоналу необхідно твердо знати, що на електроустановках завжди може бути подана напруга як і в умовах експлуатації, так і в аварійних випадках. Тому при оглядах необхідно поводитись так, як ніби то електроустановка знаходиться під напругою, і всі дефекти виявляти шляхом огляду на відповідній віддалі і на слух.

При виявленні під час огляду з'єднань якої не-будь струмопровідної частини електроустановки із землею забороняється до її вимикання наближатися до місця такого пошкодження на віддаль не менше 8...10м, щоб не потрапити під крокову напругу.

Для попередження нещасних випадків з людьми, які випадково проходять біля місця аварії, його необхідно огородити і вивісити попереджувачий або забороняючий плакати і прийняти негайно заходи по вимкненню електроустановки.

В процесі експлуатації електроустановок систематично перевіряють технічний стан, схему з'єднань проводів, арматури і апаратури. Перевіряють надійність кріплення електроустановок, ізоляційних опор, якість з'єднання проводів, а також надійність приєднання до заземлюючих пристроїв.

Огляд внутрішніх електроустановок в телятниках проводять не рідше одного разу на три місяці. Всі несправності, виявлені при оглядах, усувають при вимкненій напрузі. Під час огляду електроустановок забороняється доторкуватись до струмопровідних частин, усувати на них несправності.

Світильники в телятнику оглядають кожний раз при перевірці електроустановок. Освітлювальну арматуру і лампи загального освітлення очищають не рідше 4 рази в один місяць.

При обслуговуванні електродвигунів, пускової і захисної апаратури експлуатаційному персоналу необхідно слідкувати, щоб біля кожного пускового пристрою були розміщені діелектричні килимки або обслуговування їх проводилося в діелектричних калошах. Ніяких робіт в колі живлення і в колах заземлення працюючого електродвигуна виконувати забороняється.

Телятники по ступеню небезпеки ураження електричним струмом відносяться до особливо небезпечних приміщень, тому в них забороняється працювати на струмопровідних частинах, які знаходяться під напругою, і навіть замінювати лампи світильників під напругою.

Марки і переріз нульового проводу на лініях 380/220 В, яка живить тваринницькі приміщення, такі як і у фазних проводах.

Щоб у нульовому проводі під час нормальної роботи електроприймачів не було струму, який викликає на занулених частинах обладнання електричний потенціал відносно землі, освітлювальне навантаження рівномірно розподіляємо по фазних проводах.

Вводи повітряних ліній в телятники захищаємо від грозових перенапруг. Для цього заземляємо крюки і штирі ізоляторів лінії і додатково заземлюємо нульовий провід.

В телятнику електродвигуни, пускові пристрої і захисні апарати встановлюємо за межами приміщень, в яких утримують тварин. Вимикачі розміщуємо в сусідніх з вологими сухих приміщеннях, а кнопки керування пусковою апаратурою встановлюємо безпосередньо на робочих місцях. Для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом металеві частини електроустановок напругою 380/220В, які можуть потрапити під напругу внаслідок пошкодження ізоляції, заземлюємо або занулюємо. Опір заземлюючого пристрою нейтралі становить менше 4 Ом, а повторного заземлення нульового проводу менше 30 Ом.

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 54   |

Для захисту людей, тварин, приміщень, будівель і обладнання тваринницької ферми влаштовуємо грозозахист у вигляді тросових блискавковододів, розміщених на криші телятника.

Для евакуації телят в тваринницькому приміщенні передбачаємо не менше двох виходів сумарною шириною не менше 5 м. Для куріння на молочно – товарній фермі відводиться і обладнується спеціальне місце. В кожному телятнику встановлюємо один вогнегасник типу ОХП-10М і один вуглекислий вогнегасник типу УО-5.

На фермі організовуємо (встановлюємо) пожежний щит (біля головного входу), на якому вивішують дві лопати, чотири відра, дві сокири, два багри, два вогнегасники типу ОХП-10М, а поблизу встановлюємо пересувну насосну установку. Біля кожного приміщення ферми повинен стояти ящик із піском, а літом поблизу місця складування кормів – бочка з водою.

## 5.2. Розрахунок заземлення

Згідно “Правил влаштування електроустановок” в електроустановках напругою до 1000В і вище повинні бути споруджені заземлюючі пристрої для забезпечення захисту людей від ураження електричним струмом.

Виконаємо розрахунок заземлюючого пристрою трансформаторної підстанції на МТФ напругою 10/0,4 кВ, розміщеної в третій кліматичній зоні. Від підстанції відходить дві повітряні лінії напругою 380/220В, на яких у відповідності з “Правилами влаштування електроустановок” необхідно виконати шість повторних заземлень нульового проводу.

Питомий опір ґрунту, виміряний при нормальній вологості,  $\rho_{\text{вим}} = 130 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ . Передбачаємо заземлюючий пристрій виконати у вигляді прямокутного чотирикутника шляхом закладання в ґрунт вертикальних сталевих стержнів довжиною 5 м і діаметром 12 мм, з'єднаних між собою сталеною полоскою 40x4 мм. Стержні закладаємо на глибину в землю на 0,8 м, полоси – 0,82 м. Струм замикання на землю на стороні 10 кВ становить  $I_3 = 7 \text{ А}$ .

Згідно ПВЕ-1.7.62 опір заземлюючого пристрою, до якого підєднана нейтраль трансформатора при лінійній напрузі 380В трифазного струму повинен бути не більше 4 Ом, а опір повторного заземлення не більше 10 Ом.

Розрахунковий опір ґрунту для стержневих заземлювачів:

$$\rho_{\text{роз.}} = K_c \cdot K_i \cdot \rho_{\text{вим.}} \quad (5.1)$$

де  $K_c$ - коефіцієнт сезонності,  $K_c = 1,15$ ;  $K_i$  - коефіцієнт, що враховує стан ґрунту.  $K_i = 1,0$ .

$$\rho_{\text{роз.}} = 1,15 \cdot 1,0 \cdot 130 = 149 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

Опір вертикального заземлювача з круглої сталі:

$$R_n = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{роз.}}}{l} \cdot \left( \lg \frac{2,1 \cdot l}{d} + 0,5 \lg \frac{4 \cdot h_{\text{cp}} + l}{4 \cdot h_{\text{cp}} - l} \right). \quad (5.2)$$

де  $\rho_p$  – розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом · м;  $k$  – числовий коефіцієнт вертикального заземлювача. Для круглих стержнів  $k=2$ ;  $l$  – довжина вертикального стержня, м. Приймаємо  $l = 5$  м;  $h_z$  – глибина закладання стержня, м. Для нашого випадку  $h_z = 3,3$ м;  $d$  – зовнішній діаметр стержня, м.  $d = 0,012$ м.

$$R_n = \frac{0,366 \cdot 149,5}{5} \cdot \left( \lg \frac{2 \cdot 5}{0,012} + 0,5 \lg \frac{4 \cdot 3,3 + 5}{4 \cdot 3,3 - 5} \right) = 30 \text{ Ом.}$$

Опір повторного заземлення  $R_{\text{п.з.}}$  не повинен перевищувати згідно ПВЕ1.7.62 30 Ом. при  $\rho = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$  і нижче. При  $\rho > 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$  допускається приймати

$$R_{\text{п.з.}} = 30 \cdot \rho / 100; \quad (5.3)$$

$$R_{\text{п.з.}} = 30 \cdot 149,5 / 100 = 45 \text{ Ом.}$$

Для повторного заземлення приймаємо один стержень довжиною 5 м і діаметром 12 мм, опір якого 30 Ом, що менше 45 Ом.

Загальний опір всіх шести повторних заземлень, Ом

$$r_{\text{п.з.}} = R_{\text{п.з.}} / n = R_{\text{в.}} / n = 30 / 6 = 5 \text{ Ом.}$$

Визначаємо розрахунковий опір заземлень нейтралі трансформатора і урахуванням повторних заземлень, Ом.

$$r_p = \frac{r_3 \cdot r_{\text{п.з.}}}{r_{\text{п.з.}} - r_3}. \quad (5.4)$$

де  $r_3$ - нормоване значення опору заземлюючого пристрою. Згідно ПВЕ1.7.62  $r_3 = 4$  Ом;  $r_{\text{п.з.}}$  - загальний опір повторних заземлень, Ом.

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 56   |

$$r_p = \frac{4 \cdot 5}{5 - 4} = 20 \text{ Ом.}$$

Згідно ПВЕ-1.5.57. опір заземлюючого пристрою при приєднанні до нього електрообладнання напругою до і вище 1000В повинен бути не більше 10 Ом і  $125/I_3$ , якщо остане менше 10 Ом.

$$r_m = 125/I_3 = 125/7 = 17,9 \text{ Ом.}$$

Приймаємо для розрахунку найменше із цих значень, тобто:

$$r_m \leq 10 \text{ Ом.}$$

Визначимо теоретичну кількість стержнів:

$$n_T = R_B / r_m ; \quad (5.5)$$

$$n_T = 30/10 = 3 \text{ шт.}$$

Приймаємо три стержні і розміщуємо їх в ґрунті на віддалі 5 м один від одного.

Довжина полоси зв'язку, м:

$$l_{\Pi} = a \cdot n_T = 5 \cdot 3 = 15 \text{ м.}$$

Розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом · м, для полоси зв'язку:

$$\rho_{p.} = K_c \cdot K_2 \cdot \rho_{\text{ВНМ}}. \quad (5.6)$$

де  $K_c$  - коефіцієнт сезонності,  $K_c = 2,5$ ;  $K_2$  - коефіцієнт, що враховує стан ґрунту.  $K_2 = 1,0$ .

$$\rho_{p.} = 2,5 \cdot 1,0 \cdot 130 = 325 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

Опір полоси зв'язку, Ом:

$$R_{\Pi} = \frac{0,366 \cdot \rho_{p.}}{l} \cdot \left( \lg \frac{k \cdot l_{\Pi}^2}{d \cdot h} \right). \quad (5.7)$$

де  $\rho_{p.}$  – розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом · м;  $l_{\Pi}$  - довжина горизонтального заземлювача, м.  $l_{\Pi} = 15$ м;  $k$  – коефіцієнт форми заземлювача. Для прямокутного перерізу  $k=2$ ;  $d$  – ширина полоси зв'язку.  $d = 0,04$  м;  $h_3$  – глибина закладання полоси.  $h_3 = 0,82$  м;

$$R_{\Pi} = \frac{0,366 \cdot 325}{15} \cdot \left( \lg \frac{2 \cdot 15^2}{0,04 \cdot 0,82} \right) = 43 \text{ Ом.}$$

При  $n_T = 3$  і  $a/l = 5/5 = 1$  коефіцієнт екранування вертикальних стержнів  $\eta_v = 0,69$  і  $a/l_{\Pi} / n_T = 15/3 = 5$  коефіцієнт екранування горизонтальних стержнів  $\eta_r =$

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 57   |

0,45.

Дійсна кількість стержнів:

$$n_d = \frac{R_B \cdot \eta_r}{\eta_B} \left( \frac{1}{r_m} - \frac{1}{R_n} \right); \quad (5.8)$$
$$n_d = \frac{30 \cdot 0,45}{0,69} \left( \frac{1}{10} - \frac{1}{43} \right) = 4 \text{ шт.}$$

Приймаємо до монтажу  $n_d = 4$  стержнів і проводимо перевірочний розрахунок:

$$r_m = \frac{R_B \cdot R_r}{R_r \cdot n_d \cdot \eta_B + R_B \cdot \eta_r}; \quad (5.9)$$
$$r_m = \frac{30 \cdot 43}{43 \cdot 4 \cdot 0,69 + 30 \cdot 0,45} = 9,8 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом.}$$

Опір заземлюючого пристрою із урахуванням повторних заземлень нульового проводу:

$$r_p = \frac{r_m \cdot r_{п.з}}{r_m + r_{п.з}}; \quad (5.10)$$
$$r_p = \frac{9,8 \cdot 5}{9,8 + 5} = 3,36 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом.}$$

Умова виконується, отже заземлення розраховане вірно.

### 5.3. Блискавкозахист приміщення

Згідно вимог телятник відноситься до 3-ї категорії блискавкозахисту, що потребує захисту від прямих ударів блискавок. Для захисту телятника передбачаємо тросовий блискавкопровід, який буде розміщено на даху будівлі.

Розміри телятника: довжина – 78 м, ширина – 21 м, висота – 4,5 м. Тоді: висота об'єкту захисту –  $h_x = 4,5$  м; радіус захисту –  $r_x = 10$  м.

Приймаємо висоту підвішування троса  $h = 14$  м.

Висота зони захисту, м:

$$h_o = 0,85 \cdot h = 0,84 \cdot 14 = 11,9 \text{ м}$$

Радіус зони захисту на рівні землі, м:

$$r_o = (1,35 \dots 0,0025 \cdot h) \cdot h; \quad (5.11)$$
$$r_o = (1,35 \dots 0,0025 \cdot 14) \cdot 14 = 18,9 \dots 0,49 \text{ м.}$$

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |       |      |                                    | 58   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    |      |

Межа зони захисту на рівні  $h_x$ , м:

$$r_x = (1,35 \dots 0,0025 \cdot h) \cdot \left( h - \frac{h_x}{0,85} \right); \quad (5.12)$$

$$r_x = (1,35 \dots 0,0025 \cdot 14) \cdot \left( 14 - \frac{4,5}{0,85} \right) = 11,75 \dots 0,3 \text{ м.}$$

При меншій висоті тросу  $h < 14$  м, це не буде задовольняти умовам  $r_o$  і  $h_o$ .  
Остаточно приймаємо висоту блискавковідводу  $h = 14$  м.

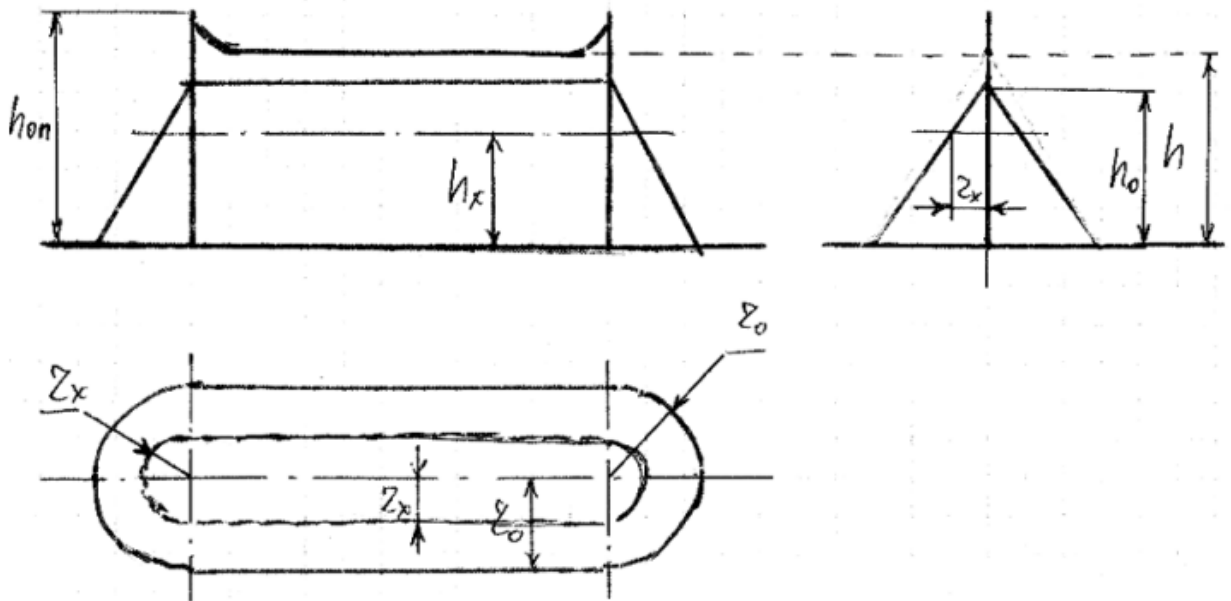


Рис. 6.1. Схема тросового блискавковідводу

З урахуванням стріли провисання троса висота опор тросового блискавковідводу, м:

$$h_{оп} = h + 2; \quad (5.13)$$

$$h_{оп} = 14 + 2 = 16 \text{ м;}$$

$$R_3 \cong 2,1 \cdot \frac{325}{78} = 8,8 \text{ Ом;}$$

Що менше допустимого імпульсного опору 10 Ом.

#### 5.4. Заходи по екології

Заходи по екології для молочної тваринної ферми є важливими для збереження природних ресурсів, зменшення негативного впливу на довкілля та забезпечення сталого розвитку. Ось декілька таких заходів:

– Управління відходами: Розробка і впровадження системи управління

відходами допоможе зменшити негативний вплив ферми на навколишнє середовище. Це включає відокремлення та переробку органічних відходів, використання компосту та утилізацію неорганічних відходів.

– Збереження води: Впровадження ефективних систем водопостачання та каналізації допоможе зменшити споживання води та забезпечити її ефективне використання. Також варто розглянути можливість збору та використання дощової води;

– Енергоефективність: Використання енергоефективного обладнання та технологій допоможе знизити споживання електроенергії. Наприклад, встановлення енергоефективного освітлення, оптимізація системи опалення та вентиляції;

– Захист ґрунту та водних ресурсів: Забезпечення правильного відведення та збереження навозу та інших відходів допоможе запобігти забрудненню ґрунту та водних ресурсів. Варто використовувати методи екологічного землеробства та раціонально використовувати хімічні добрива;

– Збереження біорізноманіття: Розгляд можливості створення природнозаповідного фонду на території ферми для збереження місцевого біорізноманіття та розробка планів посадки дерев та кущів для створення природних бар'єрів та поліпшення екологічної ситуації;

– Екологічне виробництво: Пріоритетне використання екологічних інгредієнтів у кормах, використання органічного методу вирощування та дотримання принципів етичного тримання тварин допоможе створити екологічно чисті молочні продукти.

Розробка та впровадження цих заходів сприятимуть сталому розвитку молочної тваринної ферми, збереженню довкілля та забезпеченню екологічно відповідного виробництва.

## ВИСНОВКИ

Основною метою бакалаврської кваліфікаційної роботи являється комплексна модернізація виробничих процесів товарної ферми. При розробці даної теми була використана технічна і довідникова література, а також досвід передових господарств в області електрифікації товарних ферм.

Під час виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи мною був проведений розрахунок та вибір для телятника сучасного електрообладнання, що застосовується для здійснення таких необхідних технологічних процесів, як видалення гною, годівля, вентиляція.

Для приводу робочих машин виконано вибір електродвигунів типу АИР. для керування і захисту електроустановок вибрано автоматичні вимикачі серії ВА-2012, магнітні пускачі – ПМ, теплові реле – РТ. Освітлення приміщення по утриманню тварин здійснюється світильниками Ledvance DP SLIM ECO 1200 IP65\_GY, в інших приміщеннях – світильниками з LED лампами типу НСП21У-200. Силова проводка виконується проводом марки ПВ в металевих трубах, а освітлювальна кабелем ВРГ на тросу і на скобах.

В кваліфікаційній роботі бакалавра мною було автоматизовано сучасну водонасосну установку з використанням частотного перетворювача, що знизило ватрати приблизно на 10%. Отже, використання в тваринницьких приміщеннях сучасних електрифікованих і автоматизованих установок для здійснення ними основних технологічних процесів, дотримання правил експлуатації, строків обслуговувань і ремонтів електрообладнання, їх чітка організація в результаті призведе до значних економічних зрушень в позитивний бік в тваринництві взагалі.

|      |      |          |       |      |                                    |      |
|------|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 61   |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН А.2.2. –3 – 2012 Склад та зміст проектної документації
2. ДБН В.2.5-27-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд
3. Правила улаштування електроустановок. ПУЕ. 7-ме видання, перероблене та доповнене. – К.: Міненерговугілля України, 2022. – 794 с.
4. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС). Затверджено наказом Міністерства палива та енергетики 25.07.2006 № 258 (у редакції наказу Міністерства енергетики та вугільної промисловості № 91 від 13.02.2012 та № 905 від 16.11.2012) Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 2 березня 2012 р. за № 350/20663.
5. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджено наказом Держнаглядохоронпраці від 09. 01. 98 № 4. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 10. 02. 98 за № 93/2533.
6. Природне і штучне освітлення.: ДБН В.2.5-28-2018. – На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний з 2019-03-01. – К.: Мінрегіон України, 2018. – 133 с.
7. Дипломне проектування енергетичних та електротехнічних систем в агропромисловому комплексі: навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів / Іноземцев Г.Б., Козирський В.В., Лут М.Т., Радько І.П., Синявський О.Ю.. – 2-е вид., перероб. і доп. – К.: Вид-во ТОВ «АграрМедіаГруп», 2014. 526с.
8. Козирський В.В. Електропостачання агропромислового комплексу: підруч./ Козирський В.В., Каплун В.В., Волошин С.М. – К.: Аграрна освіта, 2011.- 448 с.
9. Електропривод і автоматизація: Підручник / О.Ю. Синявський, В.В. Савченко, В.В. Козирський, В.Я. Бунько, В.Ю. Рамш; За ред. О.Ю. Синявського. К., ЦП «Компринт», 2019. – 619 с.
10. Лут М.Т., Радько І.П., Волошин С.М. Технології обслуговування та ремонту енергообладнання й засобів автоматизації / М.Т.Лут, І.П.Радько, С.М.Волошин.-К.: Ви д– во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2012. – 878 с.
11. Лут М.Т., Радько І.П. Ковтун П.М. Окушко О.В. Охорона праці в галузі (електробезпека): Навч. посіб. «ЦП «КОМПРИНТ». К. – 2017. – 352 с.
12. Лут М.Т., Наливайко В.А., Радько І.П. Діагностування енергетичного обладнання: Навчальний посібник для студентів вищих

|     |      |          |       |      |                                    |      |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|     |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Змн | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 62   |

навчальних закладів. 2-е вид., перероб. і доп. - К.: Вид – во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2014.- 590 с.

13. Червінський Л.С., Сподоба М.О. Електричне освітлення та опромінення: методичні вказівки виконання курсової роботи з дисципліни «Освітлювальні та опромінювальні установки» для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Київ, 2024. – 116 с.

14. Закон України «Про ринок електричної енергії». В редакції від 29 грудня 2019 року, підстава №394-IX. Відомості Верховної Ради, 2017, № 27–28, ст.312.

15. Закон України «Про енергозбереження». (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2006, №15, ст.126).

16. Закон України №555-IV від 20.02.2003 р. «Про альтернативні джерела енергії».

17. ДБН А.2.2.-1–2003 Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд.

18. ДБН В.2.5–23–2003. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об’єктів цивільного призначення. Державний Комітет України з будівництва та архітектури. – К.: 2004. – 128 с.

19. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Харків: Видавництво «Форт», 2017. – 760 с.

20. ДНАОП 0.00-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних електроустановок.–К.: ПП «Фірма Грамін», 2001.–117 с.

21. Про затвердження Кодексу комерційного обліку електричної енергії: постанова НКРЕКП від 14.03.2018 №311.

22. Червінський Л.С., Сторожук Л.О. Електричне освітлення та опромінення: Посібник.- К.: Вид-во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2011.- 214 с.

23. Система стандартів безпеки праці. Норми освітлення будівельних майданчиків. : ДСТУ Б А.3.2-15:2011 : (ГОСТ 12.1.046-85). – Введено вперше (зі скасуванням в Україні ГОСТ 12.1.046-85) ; чинний з 2012-12-01. – К. : Мінрегіон України від, 2011. – 25 с. – (Державний Стандарт України).

24. Характеристики LED ламп. Режим доступу:

|     |      |          |       |      |                                    |      |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
|     |      |          |       |      | 02.02-КР.2607«С».2025.10.30.012.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                                    | 63   |

<https://www.brille.ua/ua/lampi/>

25. Електричне освітлення та опромінення : методичні вказівки до практичної роботи «Розрахунок освітлення методом коефіцієнту використання світлового потоку» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / уклад. Р. В. Кушлик, Р. Р. Кушлик. Мелітополь : ТДАТУ, 2019. – 17 с.

26. Белякова І. В., Тарасенко М.Г. Лабораторні роботи з дисципліни «Джерела світла»: методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Джерела світла» для студентів за напрямом підготовки 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» всіх форм навчання/ І. В. Белякова, М. Г. Тарасенко – Тернопіль: ТНТУ, 2023. – 87 с.

27. Джерела світла: навч. посібник / К. І. Суворова, Л. Д. Гуракова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 110 с.

28. Електричне освітлення та опромінення: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / Р.В. Кушлик, В. Ф. Яковлев, Ю. М. Куценко, М. Л. Лисиченко, М. П. Кунденко, Ю. М. Федюшко, – Х: ТОВ «Планетапрінт», 2016. - 332 с.

29. Заблодський М.М. Електромеханотроніка: навчальний посібник /М.М. Заблодський, Р.М. Чуєнко. – К.: Видавництво «Компрінт», 2021. – 360 с.

30. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Крушельницький В.В. Мехатроніка. Підручник. – К., 2020. – 404 с.

31. Ding Huafeng, Yang W., Kecskeméthy A. Automatic Structural Synthesis and Creative Design of Mechanisms Springer, 2022. —466 p.

32. Сучасні електромехатронні комплекси і системи : навч. посібник / Т. П. Павленко, В. М. Шавкун, О. С. Козлова, Н. П. Лукашова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 116 с.