

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем**

ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРООСВІТЛЕННЯ

Частина 1 - Електротехнології

Методичні вказівки до виконання практичних робіт

СУМИ – 2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем**

ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРООСВІТЛЕННЯ

Частина 1 - Електротехнології

Методичні вказівки щодо виконання практичних робіт

для здобувачів 4 та 2 с.т. курсу

освітньої програми

«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

денної та заочної форм здобуття освіти

ступеню вищої освіти «Бакалавр»

СУМИ – 2025

УДК 621.311
С 67, Р 99, Т 115

Укладачі:

Савойський О. Ю., к.т.н., доцент кафедри енергетики та електротехнічних систем;

Рясна О.В., ст. викладач кафедри енергетики та електротехнічних систем;

Тесленко О.В., - асистент кафедри енергетики та електротехнічних систем;

Н22 Електротехнології та електроосвітлення Частина 1 -

Електротехнології: методичні вказівки щодо виконання практичних робіт / укл.: О. Ю. Савойський, О.В. Рясна, О.В. Тесленко - Суми, 2025. – 63 с.

Методичні вказівки спрямовані на надання методичної допомоги здобувачам під час виконання практичних робіт. Містять загальні методичні рекомендації, практичні завдання, алгоритми для проведення розрахунків для забезпечення ефективного та безпечного функціонування в умовах реальних виробничих і побутових середовищ та питання для самоконтролю знань.

Методичні вказівки щодо виконання практичних робіт призначені для здобувачів ступеню вищої освіти «Бакалавр» освітньо-професійної програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Рецензенти:

Козін В.М., к.т.н., доцент кафедри енергетики та електротехнічних систем СНАУ;

Лобода В. Б., к.ф.-м.н., професор кафедри охорони праці та фізики СНАУ.

Відповідальний за випуск:

Чепіжний А.В., к.т.н., доцент, завідувач кафедрою енергетики та електротехнічних систем СНАУ.

Рекомендовано до видання Радою із забезпечення якості освітньої діяльності та якості вищої освіти інженерно-технологічного факультету СНАУ. Протокол №4 від «28» січня 2025 року

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. Практична робота №1 Техніко-економічне обґрунтування застосування електронагрівальних установок	8
2. Практична робота №2 Розрахунок електронагрівальних елементів за робочим струмом і таблицями навантаження.....	11
3. Практична робота №3	19
4. Практична робота №4	23
5. Практична робота №5	28
6. Практична робота №6	35
7. Практична робота №7	42
ДОДАТОК А	47
ДОДАТОК Б	48
ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Б	49
ДОДАТОК В	50
ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ В	51
ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ В	52
ДОДАТОК Г	53
ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Г	54
ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Г	55
ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Г	56
ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Г	57
ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Г	58
ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Г	59
ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Г	60
ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Г	61
ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Г	62
ДОДАТОК Д	63
ДОДАТОК Е	63
ДОДАТОК Ж	64
ДОДАТОК К	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	65

ВСТУП

З кожним роком сфера використання, застосування та розвиток електроустановок значно розширюється, що зумовлено активним впровадженням електротехнологій у різні галузі промисловості. Електротехнології поступово витісняють традиційні технологічні процеси, оскільки забезпечують високу ефективність, автоматизацію виробництва та підвищення продуктивності.

Розвиток електротехнологічних процесів нерозривно пов'язаний із загальним прогресом енергетики країни, будівництвом нових підприємств, модернізацією та реконструкцією існуючих заводів і фабрик. Також важливими факторами є розвиток електростанцій і впровадження сучасних високовольтних ліній електропередач. Оскільки більшість електротехнологічних процесів мають високий рівень енергоспоживання, електротехнологічні установки є одними з найвагоміших споживачів електричної енергії у промисловості.

Електротехнологія – це окрема галузь електротехніки, яка займається вивченням принципів безпосереднього використання електричної енергії, електричних та магнітних полів у різних технологічних процесах. Основна ідея полягає в тому, що електроенергія подається безпосередньо на об'єкт технологічної обробки, де відбувається її перетворення в інші види енергії – теплову, механічну, хімічну або фізичну. Саме завдяки цьому стає можливим здійснення різноманітних виробничих процесів, спрямованих на досягнення необхідних технологічних результатів.

Оскільки електротехнологічні процеси є досить енергоємними, підвищення ефективності використання електроенергії в них відіграє важливу роль у розвитку сучасної промисловості. Зниження енергоспоживання та оптимізація режимів роботи технологічного обладнання є важливими факторами економії ресурсів, підвищення продуктивності та зниження витрат виробничих ресурсів.

Методичне видання до виконання практичних завдань спрямоване на розвиток здатності здобувачів здійснювати розрахунки та монтаж електричних систем, а також забезпечення їхнього ефективного та безпечного функціонування в умовах реальних виробничих і побутових середовищ.

У цих вказівках надано детальні інструкції щодо виконання робіт, необхідні теоретичні відомості для розуміння основних принципів та технологій у сфері електротехнологій, а також хід роботи для проведення розрахунків. Окрім того, методичні вказівки включають рекомендації щодо використання необхідного обладнання, інструментів та програмних засобів, що допоможуть здобувачам вищої освіти отримати коректні й точні результати при виконанні практичних завдань.

1. ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

ТЕМА: Техніко-економічне обґрунтування застосування електронагрівальних установок.

Навчальний час: 2 години.

МЕТА РОБОТИ: Навчитися обґрунтовувати застосування електронагрівальних установок.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

У сільському виробництві використовують дуже багато теплової енергії. В структурі енергобалансу вона становить більше як 65%, а у тваринництві потреба в тепловій енергії становить 80...90% всього енергоспоживання.

На тваринницьких фермах теплову енергію використовують для підігрівання води, приготування корму, пастеризації молока, стерилізації молочного посуду, обігрівання тваринницьких приміщень, обробки продукції тваринництва, а також для зоогігієнічних потреб.

У тваринництві як джерело тепла використовували в основному невеликі вогневі установки, в яких спалювали тверде, рідке та газоподібне паливо. Основним їхнім недоліком є велика металоємкість, низький коефіцієнт корисної дії, висока собівартість теплової енергії по виробничих об'єктах. Газифікація і централізоване постачання тваринницьких ферм теплою водою потребують великих капіталовкладень.

Зазначені недоліки вогневих установок для одержання теплової енергії – основна причина широкого застосування в теплових процесах тваринництва електричної енергії. Електротеплові установки не мають тих істотних недоліків, що спостерігаються у вогневих.

Тепер близько 20% всієї споживаної сільським господарством електроенергії використовують для одержання тепла. З застосуванням електронагрівання для одержання теплової енергії у сільському господарстві вивільнилося значна кількість людей, зайнятих раніше на обслуговуванні малопродуктивних паливних установок.

Електронагрівання значною мірою доповнює роду вогневих установок. Проте в ряді процесів, таких як інкубація яєць, обігрівання молодняку, місцеве обігрівання тварин і птиці та інших процесах, перехід на електронагрівання є єдиним раціональним рішенням.

Розрахунки проведені науково-дослідними інститутами, показують, що ефективність електричного нагрівання значною мірою залежить від величини теплового навантаження окремих споживачів. Застосування електричної енергії в тваринництві насамперед ефективно і доцільне в таких випадках: при малих величинах одиничних теплових навантажень споживачів; для процесу, де при невеликій потужності потрібна висока точність регулювання теплового режиму (інкубатори, брудери, побутові прилади, установки місцевого обігрівання); для одержання тепла а установках періодичної короткочасної роботи; в установках створення оптимального мікроклімату в тваринницьких і птахівницьких приміщеннях та на пунктах переробки і зберігання сільськогосподарської продукції; підігрівання води для санітарно-гігієнічних потреб.

Раціональне тепlopостачання сільськогосподарського виробництва має важливе економічне і соціальне значення.

Головним питанням, яке потрібно розв'язати під час проведення теплоенергетичних розрахунків, є вибір економічно вигідного енергоносія. Вибір енергоносіїв (варіантів тепlopостачання) виконують шляхом техніко-економічного порівняння варіантів, які можуть забезпечити задані параметри тепlopостачання. Оптимальним визнається варіант, по якому

витрати мінімальні.

ХІД РОБОТИ

Техніко-економічний порівняльний розрахунок застосування електроенергії в теплових процесах проводиться в наступній послідовності:

1. Розраховуємо необхідну потребу в теплоті $Q_{\text{заг.}}$, Дж·кг, за формулою:

$$Q_{\text{заг.}} = n \cdot Q_{\text{доб.}} \quad (1)$$

де, n – період використання енергоносія, діб;

$Q_{\text{доб.}}$ – кількість тепла, яку необхідно використати за добу, Дж.

$$Q_{\text{доб.}} = m_{\text{доб.}} \cdot K, \quad (2)$$

де, $m_{\text{доб.}}$ - маса (кількість) енергоносія використаного за добу, кг, м^3 , кВт·год;

K – кількість теплоти, що виділяється при згоранні палива (додаток А), Дж.

1986. Розраховуємо витрати енергоносія m , кг, м^3 , кВт·год, для отримання необхідної кількості тепла з виразу

$$m = \frac{Q_{\text{заг.}}}{K}, \quad (3)$$

1986. Визначаємо затрати на використання енергоносія, $З$, грн., за формулою:

$$З = m \cdot Ц, \quad (4)$$

де, $Ц$ – ціна 1 кг (м^3 , кВт·год.) енергоносія, грн.

Вибираємо оптимальний варіант, по якому витрати мінімальні.

ПРИКЛАД.

Для опалення будинку потрібно за день спалити 15 кг кам'яного вугілля.

Передбачається опалення з 17.00 до 6.00 годин.

Період опалення 4,5 місяців.

Вибрати економічно вигідний енергоносіє порівнюючи його з використанням для опалення електроенергії.

Таблиця 1 Варіанти до прикладу

Параметри	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$m_{\text{доб.}}$	18	20	16	15	19	21	23	26	24	18
Термін опалення, год.	17.00 - 7.00	15.00 - 5.00	16.00 - 6.00	15.00 - 6.00	18.00 - 6.00	18.00 - 5.00	14.00 - 6.00	14.00 - 5.00	16.00 - 5.00	17.00 - 7.00
Період опалення, місяців	5,5	6,5	7,5	4,5	5,5	6,5	7,5	7,5	4,5	5,5

РОЗВ'ЯЗАННЯ.

1. Розраховуємо необхідну потребу в теплоті $Q_{\text{заг.}}, \text{Дж}\cdot\text{кг}$, за формулою:

$$Q_{\text{заг.}} = n \cdot Q_{\text{доб.}}$$

$$Q_{\text{доб.}} = m_{\text{доб.}} \cdot K,$$

$$Q_{\text{доб.}} = 15 \cdot 25 \cdot 10^6 = 375 \cdot 10^6 \text{ Дж},$$

$$n = 4,5 \cdot 30 = 135 \text{ доб.},$$

$$Q_{\text{заг.}} = 135 \cdot 375 \cdot 10^6 = 50625 \cdot 10^6$$

1986. Розраховуємо витрати електроенергії $m, \text{кг}, \text{м}^3, \text{кВт}\cdot\text{год}$, для отримання необхідної кількості тепла з виразу

$$m = \frac{Q_{\text{заг.}}}{K},$$

$$m_I = \frac{50625 \cdot 10^6}{25 \cdot 10^6} = 2025 \text{ кг},$$

$$m_{II} = \frac{50625 \cdot 10^6}{3,6 \cdot 10^6} = 14062,5 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

1986. Визначаємо затрати на використання енергоносія, $Z, \text{грн.}$, за формулою:

$$Z = m \cdot Ц,$$

$$Z_I = 2025 \cdot 0,65 = 1316,25 \text{ грн.}$$

$$Z_{II} = 14062,5 \cdot 0,25 = 3515,6 \text{ грн.}$$

де, $Ц$ – ціна 1 $\text{кг} (\text{м}^3, \text{кВт}\cdot\text{год.})$ енергоносія, грн.

Оскільки при опаленні приміщень можливе використання лічильників з обліком енергії за двома тарифами, денним і нічним тоді визначаємо затрати на електроенергію іншим способом.

$$\left. \begin{array}{l} 17^{00} - 23^{00} \\ 23^{00} - 6^{00} \end{array} \right\} \begin{array}{l} 6 \text{ годин по } 0,25 \text{ грн.} \\ 6 \text{ годин по } 0,1 \text{ грн.} \end{array}$$

4. Визначаємо затрати на використання енергоносія, $Z^*_{\text{е.ен.}}, \text{грн.}$, за формулою:

$$3_{e.en}^* = \frac{m}{2} \cdot C,$$

$$3_{e.en.1}^* = \frac{14062,5}{2} \cdot 0,25 = 1757,8 \text{ грн.},$$

$$3_{e.en.2}^* = \frac{14062,5}{2} \cdot 0,1 = 703,13 \text{ грн.},$$

$$3_{II} = 3_{e.en.1}^* + 3_{e.en.2}^* = 1757,8 + 703,13 = 2461 \text{ грн.},$$

ВИСНОВОК: З розрахунків видно, що при використанні обліку електроенергії за двома тарифами її вартість на 1054,67грн. зменшується, але економічно вигідно для даного варіанту використовувати у вигляді енергоносія кам'яне вугілля.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ.

1. Які переваги має електротермічне обладнання порівняно з установками традиційного нагрівання?

2. В чому проявляється технологічний ефект при застосуванні електронагрівання ?

3. Як визначити економічно вигідний енергоносіє?

Після виконання роботи студент повинен:

Знати:

- співвідношення одиниць енергії
- денний та нічний тариф на електроенергію

Вміти:

- розраховувати економічно вигідний енергоносіє
- робити висновки з розрахунки.

2. ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

ТЕМА: Розрахунок електронагрівальних елементів за робочим струмом і таблицями навантаження.

Навчальний час: 2 години.

МЕТА РОБОТИ: Навчитися розраховувати електронагрівачі.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ.

Нагрівальний елемент є найбільш відповідальною частиною електронагрівальної установки. Він працює в дуже складних умовах. Тому до матеріалів, з яких виготовляють нагрівальні елементи, ставляться спеціальні вимоги:

- стійкість проти окислення при високих температурах;
- здатність витримувати механічні навантаження від власної маси при високих температурах;
- низький температурний коефіцієнт розширення, що забезпечує при підвищенні температури незначне збільшення опору;
- висока температура плавлення (на 150...300 °C вища за робочу температуру);

- високий питомий опір, збільшення якого веде до зменшення маси нагрівального дроту і габаритів електронагрівника;
- добра оброблюваність;
- невисока вартість.

Найкраще задовольняють цим вимогам спеціальні хромонікелеві сплави (ніхроми), залізохромоалюмінієві сплави та неметалеві нагрівники (графітні, вугільні, карборундові, карбідні тощо), оскільки чисті метали мають великий температурний коефіцієнт опору і порівняно невеликий питомий електричний опір.

Ніхроми – це сплави нікелю, хрому і заліза з добавкою марганцю. Вони бувають подвійні і потрійні. Подвійні ніхроми (Х20Н80) містять близько 20% хрому і 80 % нікелю. Це найбільш високоякісні і дорогі сплави для нагрівальних опорів.

Потрійні сплави (Х15Н60) мають близько 15% хрому, 60 % нікелю та 25% заліза.

В низькотемпературних електротермічних установках достатньо надійно працюють дешевші подвійні ніхроми, які містять 23...27% хрому і 18...20% – нікелю (Х25Н20 і Х23Н18).

Серед залізохромоалюмінієвих сплавів найбільше використовують фехраль (Х13Ю4), який складається з 13% хрому, 83% заліза і 4% алюмінію. Вони призначені для виготовлення нагрівників з робочою температурою до 700°C.

В установках з невисокою температурою нагрівання використовують сплав константан (60% міді і 40% нікелю). Для виготовлення нагрівальних елементів наведені матеріали використовують у вигляді дроту або стрічки певного перерізу.

У сільськогосподарських низькотемпературних установках широко використовують нагрівальні елементи з сталюого оцинкованого дроту, який має невисоку ціну. Проте нагрівальні елементи із сталюого оцинкованого дроту мають ряд недоліків, а саме: низьку жаростійкість (допустима робоча температура не вище 300°C); великий температурний коефіцієнт опору; нестандартність електричних властивостей навіть у межах однієї марки дроту, що утруднює розрахунок нагрівальних елементів; легко піддаються окисленню та іржавінню, що знижує строк їх служби.

У високотемпературних установках використовують неметалеві нагрівальні елементи із карборунду, молибдену і графіту з робочою температурою відповідно до 1570, 1870 і 3270К.

У плівкових нагрівниках нагрівальні елементи виготовляють з вуглеграфітної струмопровідної тканини, сажонаповненої гуми, металонаповнених склоемалей, склоцементів, електропровідною основою в яких є феросиліцій, титан, алюміній та дисиліцид молибдену.

Плоскі нагрівні елементи на основі резистивних плівок мають таку будову. Корпус із листової сталі вкривають електроізоляційною емаллю і наносять методом пневматичного розпилювання пастоподібну масу резистивного матеріалу електропровідної плівки. Нанесену композиційну масу після сушіння і термообробки вкривають термостійким електроізоляційним лаком, органічною емаллю або епоксидною смолою.

Для ізоляції нагрівальних елементів використовують спеціальні матеріали, які крім електроізоляційних властивостей мають високу теплопровідність, що забезпечує мінімальний теплоперепад між нагрівальним опором і робочою поверхнею елемента.

Ці властивості ізоляційні матеріали повинні зберігати при високій робочій температурі та підвищеній вологості.

Одним з таких ізоляційних матеріалів є периклаз — плавлений окисел магнію.

Його питомий об'ємний опір при температурі 600°C становить не менш як $5 \cdot 10^7 \text{ Ом} \cdot \text{см}$, а діелектрична проникність при цій температурі не менш як $1,2 \text{ кВ} \cdot \text{мм}^{-1}$.

Ні в холодному, ні в нагрітому стані він не сполучається з водою, металами та повітрям.

Для ізоляції нагрівальних елементів використовують також азбест, слюду, фарфор, кварцовий пісок та фасонну кераміку, яка одночасно може бути й каскадом для нагрівального опору.

ХІД РОБОТИ.

Розрахунок нагрівальних елементів за робочим струмом і таблицями навантаження. Цей метод широко застосовується на практиці. Для, розрахунку нагрівальних елементів використовують експериментальні табличні або графічні залежності між струмовим навантаженням, температурою і перерізом дроту нагрівального елемента, які наводяться в довідковій літературі для проводів, розміщених горизонтально в спокійному повітрі при температурі 2°C. При переході до реальних умов роботи нагрівального елемента вводять поправочні коефіцієнти монтажу K_M та середовища K_C .

Значення поправочного коефіцієнта K_M залежно від конструктивного виконання нагрівника

Дріт при горизонтальному розміщенні у спокійному повітрі	1
Спираль з дроту без теплової ізоляції у спокійному повітрі	0,8...0,85
Спираль з дроту на вогнетривкому каркасі у спокійному повітрі	0,7
Дріт на вогнетривкому каркасі у спокійному повітрі	0,6...0,7
Нагрівальні опори між двома шарами теплової ізоляції (закриті електроплитки, деякі трубчасті електронагрівники)	0,5
Нагрівальні опори з доброю тепловою ізоляцією (трубчасті електронагрівники, електронагрівальні елементи у ґрунті та підлозі)	0,3...0,4

Значення поправочного коефіцієнта K_C для деяких умов навколишнього середовища

Спираль з дроту у потоці повітря	1,1...1,5
Нагрівальний елемент у воді	2,5
Нагрівальний елемент у потоці рідини	3...3,5

Коефіцієнт монтажу враховує погіршення тепловіддачі від дроту, що веде до підвищення його температури порівняно з табличними даними.

Коефіцієнт середовища враховує поліпшення тепловіддачі завдяки впливу зовнішнього середовища, що викликає зниження температури дроту.

Визначити потужність електронагрівальної установки P_y , кВт, за формулами при нагріванні матеріалів в установках періодичної дії

$$P_y = \frac{K_y m c (\theta_2 - \theta_1)}{3600 \eta T}, \quad (5)$$

- при нагріванні матеріалу в установках безперервної дії

$$P_y = \frac{K_y G c (\theta_2 - \theta_1)}{3600 \eta}, \quad (6)$$

де, K_s – коефіцієнт запасу, що враховує старіння нагрівальних елементів і можливе зниження електричної напруги (приймають 1,1...1,3);

m – маса матеріалу, що нагрівається, кг;

G – продуктивність установки, $\text{кг} \cdot \text{год}^{-1}$;

c – середня за період нагрівання питома теплоємність матеріалу, що нагрівається, $\text{кДж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{град}^{-1}$;

θ_1, θ_2 – початкова і кінцева температура матеріалу, що нагрівається, град ;

η – коефіцієнт корисної дії (ККД) електронагрівальної установки, який включає в себе електричний ККД (η_e) і тепловий ККД (η_T), в установках індукційного нагрівання $\eta_e = 0,5...0,7$, що пояснюється втратами електричної енергії в джерелах живлення, трансформаторі, індукторі, які входять до

складу установки, в установках діелектричного нагрівання, $\eta_e = 0,4...0,5$,

наближено можна прийняти $\eta_T = 0,95...0,98$ для теплоізольованих установок безперервної дії і $0,7...0,95$ для установок періодичної дії.

Потім задавшись даними про напругу, схемою з'єднання і кількістю паралельних секцій в кожній фазі потрібно розрахувати робочий струм нагрівального пристрою.

УВАГА: при потужності нагрівальної установки понад 1 кВт нагрівальні пристрої бажано підключати до трифазної мережі.

1986. Робочий струм нагрівального пристрою I, A , визначають за формулами – для однофазних установок

$$I = \frac{P \cdot 10^3}{U_n}, \quad (7)$$

– для трифазних установок

$$I = \frac{P \cdot 10^3}{\sqrt{3} U_n}, \quad (8)$$

де, P — потужність установки в кВт ;

U — напруга мережі, V ;

N — кількість паралельних секцій в одній фазі.

1986. Визначаємо розрахункову температуру дроту $t_p, ^\circ C$, за формулою

$$t_p = t_o K_M K_c \quad (9)$$

За робочим струмом та розрахунковою температурою з додатку Б вибирають діаметр і площу поперечного перерізу дроту (при виборі між двома значеннями перевагу надаємо більшому).

УВАГА: розрахункова температура не повинна перевищувати допустиму робочу температуру провідника.

4. Розраховуємо довжину дроту однієї секції l , $мм$, з виразу

$$l = \frac{U_{\phi}^2 S}{10^3 P_c \rho_{20} [1 + \alpha(t_p - 20)]}, \quad (10)$$

де, U_{ϕ} – фазна напруга, B ;

P_c – потужність однієї секції, $Вт$;

S – площа поперечного перерізу, $мм^2$;

ρ_{20} – питомий опір при температурі $20^\circ C$ приймаємо з додатка Б, $Ом-м$;

α – температурний коефіцієнт опору, $^\circ C^{-1}$.

5. Діаметр спіралі D , $мм$, визначають з умови

$$D = (6 \dots 10)d \quad (11)$$

6. Крок спіралі h , $мм$, розраховуємо за умовою

$$h = (2 \dots 4)d \quad (12)$$

7. Обчислюємо кількість витків спіралі ω , $шт.$, за формулою

$$\omega = \frac{l}{\sqrt{h^2 + (\pi D)^2}} \quad (13)$$

9. Визначаймо довжину спіралі L , $м$, з виразу

$$L = \frac{h\omega}{1000} \quad (14)$$

10. Строк служби нагрівника T , $год.$, обраховуємо за формулою

$$T = d \cdot \tau'_{np} \cdot k \quad (15)$$

де, τ'_{np} – строк служби нагрівника діаметром $d = 1мм$ (рисунок 1) при t_p , $год.$;

k – коефіцієнт, який враховує форму поперечного перерізу нагрівника (для круглого дроту $k = 1$, для стрічки $k = 1,75$).

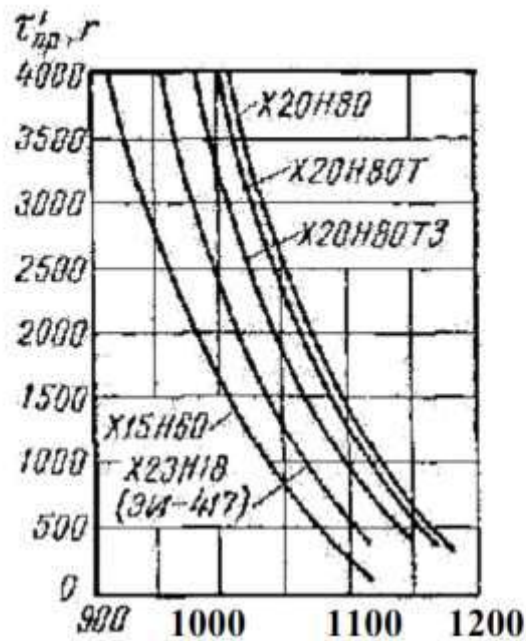


Рисунок 1 – Графік залежності строку служби дротового нагрівника від його розрахункової температури

УВАГА: при розрахунковій температурі нижчій за 1000°C , строк служби нагрівника розраховувати недоцільно.

Приклад

Розрахувати відкритий нагрівник у вигляді спіралі з сплаву X15H60, який розміщений у спокійному повітрі. Напруга живлення $380/220\text{ В}$. Температурний коефіцієнт опору, $\alpha = 16,5 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$; питомий опір при температурі 20°C , $\rho_{20} = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}$; 17 потужність нагрівника, $P = 1\text{ кВт}$; допустима температура дроту, $t_d = 850^{\circ}\text{C}$. Зобразити схематично нагрівник та схему під'єднання.

Таблиця 2 Варіанти

Параметри	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U/U, \text{ В}$	380/220	380/220	380/220	380/220	380/220	380/220	380/220	380/220	380/220	380/220
$\alpha, \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$	$16,5 \cdot 10^{-6}$	$16,5 \cdot 10^{-6}$	$16,5 \cdot 10^{-6}$	$16,5 \cdot 10^{-6}$	$16,5 \cdot 10^{-6}$	$16,5 \cdot 10^{-6}$	$16,5 \cdot 10^{-6}$	$16,5 \cdot 10^{-6}$	$16,5 \cdot 10^{-6}$	$16,5 \cdot 10^{-6}$
$\rho_{20}, \text{ Ом}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$
$t_d, \text{ }^{\circ}\text{C}$	860	840	855	845	850	865	855	845	856	860
$P, \text{ кВт}$	2	1	1,5	2	1	2	1,5	2	1	1,5

РОЗВ'ЯЗАННЯ

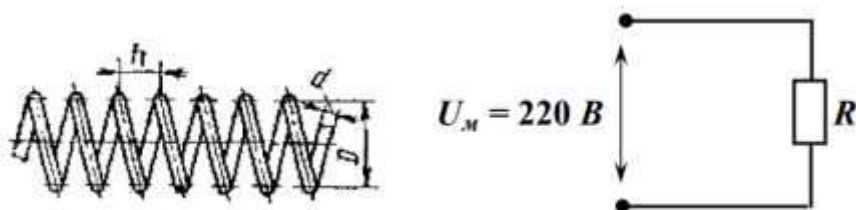


Рисунок 2 – Відкритий спіральний електронагрівник та сема його під'єднання

Оскільки потужність електронагрівника не перевищує 1 кВт приймаємо одну секцію з напругою живлення 220 В.

1. Визначаємо розрахунковий струм нагрівника ***I***, ***A***, за формулою

$$I = \frac{P \cdot 10^3}{U_n},$$

$$I = \frac{1 \cdot 1000}{220 \cdot 1} = 4,55 A$$

1986. Оскільки нагрівник у вигляді спіралі розміщеної у спокійному повітрі поправочний коефіцієнт ***K_C*** для умов навколишнього середовища відсутній. Визначаємо розрахункову температуру дроту ***t_p***, ***°C***, з виразу

$$t_p = t_0 K_M,$$

$$t_p = 850 \cdot 0,9 = 765^\circ C$$

3. За робочим струмом та розрахунковою температурою з додатка ***B*** вибираємо діаметр і площу поперечного перерізу дроту ***d*** = 0,45 мм; ***S*** = 0,159 мм².

4. Визначаємо довжину дроту ***l***, ***мм***, однієї секції з формули

$$l = \frac{U_\phi^2 S}{10^3 P_c \rho_{20} [1 + \alpha(t_p - 20)]},$$

де, ***U_φ*** – фазна напруга, ***B***;

P_c – потужність однієї секції, ***Bm***;

S – площа поперечного перерізу, ***мм²***;

ρ₂₀ – питомий опір при температурі 20 °C, ***Ом·м***;

α – температурний коефіцієнт опору, ***°C⁻¹***;

$$l = \frac{220^2 \cdot 0,159}{10^3 \cdot 1000 \cdot 1,1 \cdot 10^{-6} [1 + 16,5 \cdot 10^{-6} (765 - 20)]} = 6911 \text{ мм}$$

1. Визначаємо діаметр спіралі ***D***, ***мм***, з виразу

$$D = 10d = 10 \cdot 0,45 = 4,5 \text{ мм}$$

2. Визначаємо крок спіралі ***h***, ***мм***, за умовою

$$h = 2,2d = 2,2 \cdot 0,45 = 1 \text{ мм}$$

3. Визначаємо кількість витків спіралі ***ω***, ***витків***, за формулою

$$L = \frac{h\omega}{1000} = \frac{1 \cdot 488}{1000} = 0,488 \text{ м}$$

Оскільки температура нагрівника нижча за 1000 °С, строк служби розраховувати недоцільно.

ВИСНОВОК: Для виготовлення відкритого нагрівника у вигляді спіралі з сплаву Х15Н60, необхідно використати 6,91 м дроту з якого вийде спіраль за даними розрахунків довжиною 48,8 см.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Фізичні основи нагрівання опором.
2. В чому полягає електричний розрахунок електронагрівних установок ?
3. Назвіть принципи нагрівання опором.
4. Вимоги, що ставляться до матеріалів нагрівних елементів.
5. Назвіть матеріали, що застосовуються для виготовлення нагрівних елементів.
6. Як розрахувати електричний нагрівник опору за робочим струмом ?

Після виконання роботи студент повинен:

Знати:

- матеріали з яких виготовляються електронагрівники
- схеми підключення електронагрівників

Вміти:

- розраховувати параметри електронагрівників
- робити висновки з розрахунків

3. ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

ТЕМА: Розрахунок параметрів і вибір елементних електричних водонагрівників.

Навчальний час: 2 години.

МЕТА РОБОТИ: Навчитися розраховувати та вибирати електричні водонагрівники.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Електричні водонагрівники відзначаються простотою будови і обслуговування, легкістю автоматизації, постійною готовністю до роботи. Їх встановлюють безпосередньо біля споживачів гарячої води, завдяки чому відпадає необхідність у трубопроводах гарячого водопостачання. Виготовляються електричні водонагрівники двох типів: елементні та електродні.

НЕОБХІДНО ЗАПАМ'ЯТАТИ: В елементних тепло виділяється у трубчастих нагрівних елементах (ТЕНах), а в електродних – у шарі води між електродами, через який проходить електричний струм.

Електричні водонагрівники можуть бути проточними (швидкодіючими) і термосного типу (акумуляційними). Проточні – невеликі за габаритами, із значною установленою потужністю, що забезпечує одержання гарячої води відразу ж після їх вмикання в електромережу. Водонагрівники термосного типу мають великий бак з теплоізоляцією. Тому вони можуть вмикатись і акумулювати гарячу воду в години провалу добового графіка навантаження трансформаторної підстанції, що підвищує економічні показники електронагрівання води.

Основні характеристики елементних водонагрівників термосного типу наведені в додатку В. До цього типу водонагрівників входять водонагрівники типу: УАП, САОС.

Водонагрівники типу: САЗС, ЕПВ, ВЭП, ЭВ-Ф є проточними. Вони призначені для підігрівання води у системах автонапування тварин.

Трубчасті електронагрівники (ТЕНи)

Низько – і середньо температурні установки побічного нагріву обладнують ТЕНами заводського виготовлення, які відрізняються високою надійністю електробезпекою. Вони являють собою, (рисунок 3), металеву трубку 2, всередині якої у наповнювачі 3 (периклаз) розміщена ніхромові спіраль 1. Кінці спіралі приварені довівідних контактних стержнів 4. Після засипання наповнювача трубка опресовується. Під великим тиском наповнювач перетворюється у твердий монолітний матеріал, що фіксує спіраль та ізолює її від трубки.

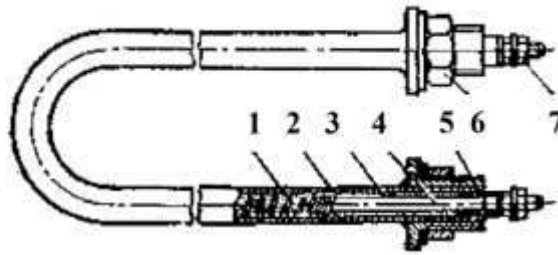


Рисунок 3 – Схематичне зображення трубчатого нагрівника (ТЕН):

1 – ніхромова спіраль; 2 – металева трубка; 3 – наповнювачі (периклаз); 4 – вивідний контактний стержень; 5 – ущільнююча втулка; 6 – гайка кріплення; 7 – виводи.

У трубчастих нагрівниках застосовують суцільнотягнуті трубки зовнішнім діаметром 9—16 мм і довжиною до 6 м. Матеріал трубки вибирається залежно від робочої температури і умов роботи. Для нагрівання повітря використовують трубки з вуглецевої сталі Ст10 (допустима температура 450°С) і нержавіючої сталі 12Х18Н10Т (допустима температура 700 °С), а для нагрівання води – з міді, латуні та нержавіючої сталі.

Внаслідок герметизації спіраль не окислюється і тому строк служби ТЕН досягає 10000 годин і більше, вони не бояться ударів і вібрації.

Основним параметром, який характеризує ТЕН, є питома потужність (потужність на одиницю поверхні трубки, Вт/см²) яка залежить від умов роботи і матеріалу трубки (додаток В). При експлуатації ТЕНа в рідині рівень її повинен бути вищим межі активної частини нагрівника.

УВАГА: переробляти ТЕН (розгинати і згинати з новим радіусом, приварювати арматуру для кріплення) забороняється, тому що при цьому пошкоджується вузол герметизації.

Опір ізоляції спіралі від зовнішньої трубки ТЕНа в холодному стані повинен бути 1 Мом. Якщо ж він менший, але не менше 0,1 Мом, то ТЕН необхідно підсушити при температурі 100—120°С протягом 4 – 6 год. Дозволяється сушити ТЕНи вмиканням їх на знижену напругу або послідовно по декілька штук на робочу напругу при умові забезпечення відповідної температури.

Умовні позначення ТЕН розшифровуються так:

ТЕН Х Х Х / Х Х Х Х
1 2 3 4 5 6 7 8

- 1 – серія;
- 2 – розвернута довжина, см;
- 3 – позначення довжини контактних стержнів:

позначення контактних стержнів	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З
номінальна довжина стержня, мм	40	65	100	125	160	250	400	630

- 4 – зовнішній діаметр трубки, мм;

- 5 – номінальна потужність, кВт;
- 6 – позначення матеріалу нагрівання (додаток В);
- 7 – номінальна напруга, В;
- 8 — додаткові індекси, які характеризують конструктивні особливості ТЕН.

Умовні позначення нагрівників серії НВ, НВЖ, НВС, НВСЖ, НММ, НММЖ розшифровується слідуєчим чином:

Н — нагрівник; В — води; ВС — повітря; ММ — масла; Ж — з жаростійкою оболонкою. Потім записується розгорнута довжина, м, і номінальна потужність, кВт.

ХІД РОБОТИ

1986. Необхідну потужність електронагрівальної установки періодичної дії **P_y , кВт**, визначаємо за формулою 5.

З каталогу вибираємо трубчастий нагрівальний елемент, який відповідає заданим умовам роботи, а з додатка В визначаємо допустиме питоме навантаження на поверхню трубки даного типу нагрівника у відповідності з характером нагрівання і середовищем, яке нагрівається.

1986. Визначаємо потрібну активну поверхню нагрівників **S , см²** і активну поверхню вибраного трубчастого нагрівального елемента **S_a , см²**, за формулами

$$S = \frac{P \cdot 10^3}{P_n}; \quad (16)$$

$$S_a = \pi d l_a. \quad (17)$$

де, S – необхідна активна поверхня нагрівників, см²;

S_a – активна поверхня вибраного ТЕНа, см²;

P – потужність нагрівальної установки, кВт;

P_n – питома поверхнева потужність Вт/см²;

d – діаметр трубки, см;

l_a – активна довжина одного ТЕНа, см.

Потрібну кількість нагрівників **n , шт.**, визначають за формулою

$$n = \frac{S}{S_a}. \quad (18)$$

ПРИКЛАД:

Виконати перевірочний розрахунок електроводонагрівника періодичної дії УАП-800/0,9-М1. Потужність одного ТЕНа $P_e = 2$ кВт. Маса води, яку потрібно нагріти – 800 кг. Перепад температури води, яку нагрівають $\Delta\theta = 70$ °С, тривалість нагрівання $T = 5$ год. Визначити загальну потужність та кількість ТЕНів.

Таблиця 3 Варіанти

№ варіанта	Потужність одного ТЕНа, кВт	Маса води, кг	Початкова температура нагрівання, °C	Кінцева температура нагрівання, °C	Тривалість нагрівання, год
1	1,0	400	5	90	2,0
2	4,0	1000	8	85	2,9
3	2,0	800	10	80	5,0
4	0,8	400	8	90	3,0
5	3,5	800	8	85	2,5
6	2,0	750	5	85	2,9
7	4,0	1400	9	80	3,0
8	3,5	1000	6	70	5,0
9	1,0	600	6	70	3,0
10	2,0	1000	9	75	2,0
11	4,0	800	10	80	6,0
12	0,8	600	9	70	2,0
13	4,0	1100	7	80	2,5
14	3,5	600	11	90	3,0
15	4,0	1500	10	75	2,0
16	2,0	700	5	80	3,5
17	3,5	1600	9	80	4,0

1. Загальна потужність нагрівника періодичної дії P_y , кВт визначаємо за формулою

$$P_y = \frac{K_3 m c \Delta \theta}{3600 \eta_{сеп} \cdot T}$$

$$P_y = \frac{1,2 \cdot 800 \cdot 4,2 \cdot 70}{3600 \cdot 0,94 \cdot 5} = 16,7 \text{ кВт}$$

2.3 додатка В вибираємо ТЕН-100В13/2Р220 з даними: активна довжина $l_a = 800 \text{ мм} = 80 \text{ см}$; діаметр трубки $d = 13 \text{ мм} = 1,3 \text{ см}$; питома поверхнева потужність $P_n = 6,12 \text{ Вт/см}^2$.

3. Визначаємо площу активної поверхні ТЕНа S_a , см^2 , за формулою

$$S_a = \pi \cdot d \cdot l_a,$$

$$S_a = 3,14 \cdot 1,3 \cdot 80 = 326,56 \text{ см}^2$$

4. Допустима площа поверхні нагрівників S , см^2 , визначається з виразу

$$S = \frac{P_y \cdot 10^3}{P_n},$$

$$S = \frac{16,7 \cdot 10^3}{6,12} = 2728,8 \text{ см}^2$$

5. Визначаємо кількість ТЕНів n , шт., за умовою допустимого нагрівання з формули

$$n = \frac{S}{S_a},$$

$$n = \frac{2728,8}{326,56} = 8,4 шт.$$

Приймаємо $n = 8 шт.$

ВИСНОВОК: Загальна потужність електроводонагрівника $16,7 кВт$, а кількість ТЕНів – $8 шт.$ Але для кращого регулювання теплової продуктивності або робочої температури при трифазному живленні необхідно прийняти $9 шт.$ ТЕНів.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які виготовляються електричні водонагрівники?
2. Що таке ТЕН?
3. Якими основними параметрами характеризується ТЕН?
4. Вимоги, що ставляться до матеріалів нагрівних елементів.
5. Розшифрувати марку – ТЕН-44А13/0,8Р220.
6. Як розрахувати елементний електроводонагрівник?

Після виконання роботи студент повинен:

Знати:

- типи електроводонагрівників
- будову електроводонагрівників
- будову та маркування ТЕНів

Вміти:

- розраховувати параметри електроводонагрівників
- робити висновки з розрахунків

4. ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

ТЕМА: Розрахунок і вибір електрокалориферної установки.

Навчальний час: 2 години.

МЕТА РОБОТИ: Навчитися розраховувати та вибирати електрокалориферні установки

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Електрокалориферна установка складається з вентилятора, електрокалорифера та шафи керування. Залежно від конструктивних особливостей вентиляційної системи і довжини повітропроводів у таких установках використовують вентилятори осьового або відцентрового типу.

УВАГА: електрокалорифер – це блок нагрівних елементів у металевому корпусі, температура яких не повинна перевищувати $180^{\circ} C$, при вищій температурі повітря забруднюється шкідливим чадним газом.

В електрокалориферних установках використовують трубчасті нагрівні елементи та спіралі з ніхромового або фехралевого дроту.

В електрокалориферах вентиляційно-опалювальних систем широко застосовуються прямі ТЭНи з намотаною на ребро алюмінієвою стрічкою, що збільшує поверхню тепловіддачі та зменшує габарити і металомісткість установки.

Відкриті спіральні нагрівники встановлені на ізоляційних керамічних деталях, що утруднює їх транспортування і зберігання через низьку механічну міцність.

Для рівномірності обтікання повітрям нагрівних елементів електрокалорифер установлюють з боку всмоктування вентилятора. При непрацюючому вентиляторі зменшується тепловіддача, що призводить до перегрівання і перегорання нагрівних елементів. Тому в електричній схемі керування обов'язково повинне бути блокування, яка виключає можливість вмикання калорифера при непрацюючому вентиляторі. Вона здійснюється за допомогою замикаючих контактів апарата керування електродвигуном вентилятора або реле потоку повітря.

Уніфіковані електрокалориферні агрегати серії СФОЦ (рисунок 4) використовують у вентиляційно-опалювальних системах сільськогосподарських приміщень (додаток Г).

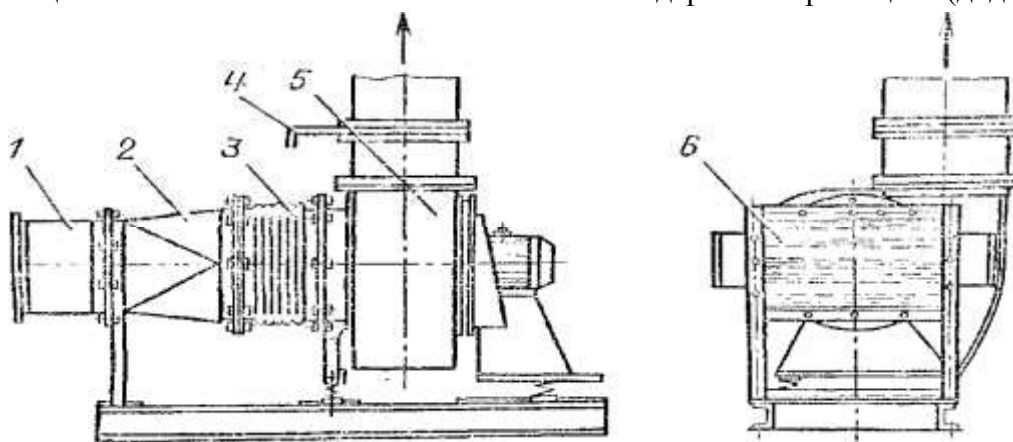


Рисунок 4 – Електрокалориферний агрегат серії СФОЦ:

1 – електрокалорифер; 2 – дифузор (перехідний патрубок); 3 – м'яка вставка; 4 – заслінка шибер; 5 – центробіжний вентилятор; 6 – оребрені трубчасті електронагрівачі (ТЕНи)

НЕОБХІДНО ЗАПАМ'ЯТАТИ: Агрегати СФОЦ-16/0,5-ІІ, СФОЦ-25/0,5-ІІ призначені для обігрівання приміщень, у яких довжина повітропроводів не перевищує 20 м, а СФОЦ-40/0,5-ІІ, СФОЦ-60/0,5-ІІ, СФОЦ-100/0,5-ІІ – з довжиною повітропроводів не більше 40 м.

Умовне позначення електрокалорифера типу СФОЦ розшифровується так:

С	Ф	О	Ц	-	Х	/	0,5	-	ІІ	XXXX
1	2	3	4		5	6	7		8	

- 1 – нагрів опором;
- 2 – електрокалорифер;
- 3 – робоче середовище – окислювальна атмосфера;
- 4 – центробіжний вентилятор;
- 5 – закрюплена встановлена потужність, кВт;
- 6 – температура нагріву повітря, $^{\circ}\text{C} \cdot 10^{-2}$;
- 7 – номер виконання;

Спеціальне вологохімічностійке покриття агрегатів СФОЦ і комплектування їх електродвигунами сільськогосподарського виконання дозволяє розміщувати їх як в спеціальній прибудові, так і безпосередньо в тваринницьких приміщеннях з хімічно агресивним середовищем.

Ящики керування електрокалориферами Я9306 (ТУ 16.656.066-85) застосовують для дистанційного керування і захисту електрокалориферів виконання І1, які використовуються для підігріву і подачі припливного повітря в системах вентиляції сільськогосподарських виробничих приміщень.

Ящики керування забезпечують ручне і автоматичне керування з використанням терморегуляторів ТЭЗПЗ і ТЭ4ПЗ. Регулювання теплопродуктивності здійснюється переключенням кількості секцій електронагрівників. Номінальний струм ящиків керування (на секцію) 13, 25, 43 і 57 А. Маса не більше 60 кг.

Електрокалорифери СФОЦ-Х/0,5ІЗ (ТУ 16.531.687-80) призначені для подачі і підігріву повітря в системах мікроклімату тваринницьких приміщень (додаток Г). Залежно від температурно-вологісного режиму повітря в приміщенні автоматично змінюється теплопродуктивність електрокалориферів. Електрокалорифери мають тиристорний регулятор потужності.

Температура повітря на виході з калорифера не перевищує 50 °С. Охолодження тиристорного блоку здійснюється припливним повітрям.

Електрокалорифери СФОЦ виконання ІЗ, порівняно з аналогічними калориферами виконання І1, дають можливість суттєво економити електроенергію за рахунок більш досконалого регулювання температури.

Комплектний пристрій керування електрокалориферами СФОЦ-Х/0,5-ІЗ “Електротерм – ХХТВУХІЗ.1” (ТУ16.536.710-82) складається з трьох ящиків керування (Я4301, Я9201, Я5701) (додаток Г).

ХІД РОБОТИ

1. Потужність електрокалориферної установки ***P, кВт***, наближено визначається за виразом

$$P = \frac{[(g_0 V + C_n \rho L)(\theta_{\text{в}} - \theta_{\text{з}}) - Q_T N - Q_M]}{3600 \eta_k}, \quad (19)$$

де, g_0 – теплова характеристика приміщення (для утеплених приміщень,

$g_0 = 2,1 \dots 2,9$, для не утеплених, $g_0 = 2,9 \dots 5,1$ $\text{кДж/м}^3 \cdot \text{год} \cdot ^\circ\text{C}$;

V – об'єм приміщення, м^3 ;

C_n – питома теплоємність повітря, $C_n = 1$ $\text{кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$;

ρ – розрахункова густина повітря, $\rho = 1,3$ кг/м^3 ;

$\theta_{\text{в}}$ – розрахункова температура всередині приміщення (додаток Г), $^\circ\text{C}$;

$\theta_{\text{з}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря (додаток Г), $^\circ\text{C}$;

Q_T – тепловиділення однієї тварини (додаток Г), кДж/год ;

N – кількість тварин, голів;

Q_M – сумарна потужність місцевих нагрівальних установок, якщо такі передбачені, кДж/год ;

η_k – ККД калориферної установки, $\eta_k = 0,95 \dots 0,97$;

L – подача вентилятора, $\text{м}^3/\text{год}$.

2. Розрахунковий подачу вентилятора L , $\text{м}^3/\text{год}$, визначається за виразом

$$L = NmL_1, \quad (20)$$

де, m – середня маса тварини, кг ;

L_1 – норма вентиляційного обміну на 1 кг маси (додаток Г).

ПРИКЛАД.

Вибрати електрокалориферну установку для обігріву свинарника- відгодівельника на 1500 голів, середня маса кожної голови – 100 кг , приміщення утеплене, об'єм приміщення за зовнішнім обміром – 5000 м^3 , розрахункова температура всередині приміщення -18°C , розрахункова температура зовнішнього повітря -20°C . Місцеве обігрівання непередбачене.

Таблиця 4 Варіанти

Параметри	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\kappa\text{-сть голів, in}$	100	1000	500	300	700	160	200	800	1500	5500
Маса, кг	150	0,3	2100	500	2,5	800	1	1800	450	700
$V, \text{м}^3$	100	3000	6000	700	9000	1200	350	600	850	680
$\theta_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$	2	-15	-3	-14	-11	5	7	9	10	-5
$\theta_{\text{з}}, ^\circ\text{C}$	-5	10	9	6	12	-14	-13	-7	-8	2

РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Визначаємо подачу вентилятора L , $\text{м}^3/\text{год}$, для зимового періоду з виразу 20

$$L = 1500 \cdot 100 \cdot 0,2 = 30000 \text{ м}^3/\text{год}.$$

2. Визначаємо потужність електрокалориферної установки P , кВт, за формулою 19

$$P = \frac{[(2,5 \cdot 5000 + 1 \cdot 1,3 \cdot 30000)(18 - (-20)) - 955 \cdot 1500]}{3600 \cdot 0,92} = 158,4 \text{ кВт}$$

ВИСНОВОК: Для обігріву свинарника вибираємо дві електрокалориферні установки типу СФОЦ-100/0,5 –ІЗ з потужністю нагрівників $P_{\text{не}} = 90 \text{ кВт}$.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що таке електрокалориферна установка?
2. Яку будову має електрокалорифер?
3. Які типи електрокалориферів використовуються в сільському господарстві?
4. Як розрахувати електрокалориферну установку?

Після виконання роботи студент повинен:

Знати:

- типи електрокалориферів
- будову електрокалориферів
- призначення електрокалориферів

Вміти:

- розраховувати електрокалориферні установки
- робити висновки з розрахунків

5. ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

ТЕМА: Розрахунок основних параметрів електрообігрівної підлоги.

Навчальний час: 2 години.

МЕТА РОБОТИ: Навчитися розраховувати електрообігрівну підлогу.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

При утриманні на теплій підлозі, мікроклімат у зоні знаходження тварин і птиці значно поліпшується: підвищується температура і рух повітря над підлогою, в результаті чого відносна вологість і концентрація шкідливих газів зменшується. Значно зменшується або зовсім відпадає потреба в підстилці (для курчат підстилкою є безперервно висихаючий на підлозі послід).

НЕОБХІДНО ЗАПАМ'ЯТАТИ: Основною перевагою теплої підлоги над опромінювачами є її велика теплоакumuлююча здатність, що дає змогу без шкоди для тварин вимикати нагрівні елементи на 3-4 год. У період максимуму навантаження в енергосистемі. Швидкість охолодження її приблизно 1°С на годину.

Така підлога відзначається невеликою металомісткістю, простотою будови, незначними витратами на обслуговування, безпекою в пожежному відношенні, тощо.

Конструктивне виконання електрообігрівної підлоги залежить від виду й віку тварин чи птиці; конфігурації і розмірів приміщення, використаних матеріалів та напруги живлення. Найпоширеніша підлога з безпосереднім замуруванням нагрівних елементів.

У приміщеннях для вирощування курчат рівномірно обігрівають всю площу підлоги, а в свинарниках – відгодівельниках та телятниках влаштовують окремі обіг- рівні смуги підлоги.

УВАГА: Підлогу обігрівають електронагрівними елементами з проводів ПОСХВ, ПОСХП, ПОСХВТ (додаток Д) або сталюого оцинкованого дроту. Провід замурують у бетонну підлогу, а сталюий дріт прокладають в керамічних трубах.

На утрамбований ґрунт насипають шар щебеню і знову утрамбовують. Потім роблять бетонну або цементну стяжку товщиною 4 см і на цю основу кладуть гідроізоляцію з руберойду або поліетиленової плівки. Смуги руберойду чи плівки простилають внакладку, а місця з'єднань заливають гарячим бітумом (рисунки 5, а).

На гідроізоляцію насипають шар теплової ізоляції з шлаку, керамзиту, керамзитобетону, пінобетону або інших теплоізоляційних матеріалів. Теплова ізоляція повинна виступати за межі контуру обігрівного майданчика на 0,1 м. Після цього підлогу бетонують. Товщина шару бетону (10 – 20 см) залежить від виду й віку тварин та необхідної теплоакumuлюючої здатності. При великому механічному навантаженні (утриманні тварин значної маси) і вмиканні електрообігрівання підлоги за примусовим графіком товщина шару бетону рекомендується до 20 см.

Спочатку на теплову ізоляцію укладають шар (4 – 12 см) бетону. Після укладання нагрівних проводів кладуть другий шар (3 – 4 см) бетону і після монтажу екрануючої сітки – третій шар товщиною 3 см.

Відрізкам нагрівного проводу надають різну конфігурацію залежно від призначення і планування приміщення (рисунки 5, б). У приміщеннях для вирощування курчат свинарниках для відгодівлі й дорощування молодняку та свинарниках- маточниках використовують схеми

А і Б. В свинарниках-маточниках, в яких між двома стійлами для свиноматок розміщений станок для поросят, рекомендовано схеми В, Г і Д.

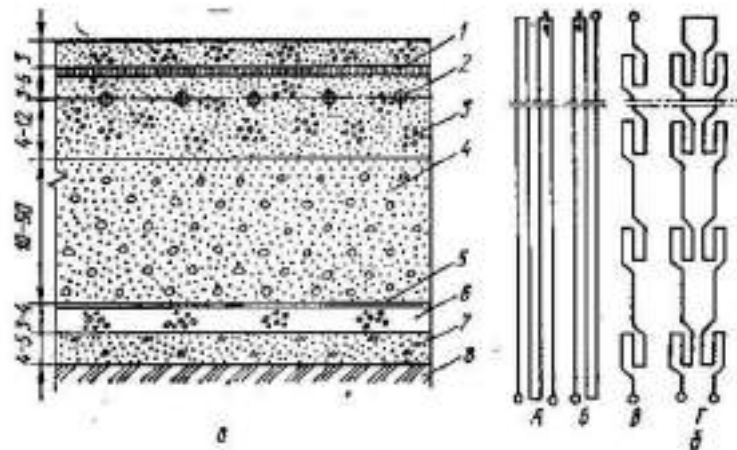


Рисунок 5 – Підлога з електрообігріванням:

а – поперечний розріз; б – конфігурації відрізків нагрівного проводу; 1 – захисна сітка; 2 – нагрівний провід; 3 і 6 – бетон; 4 – теплоізоляція; 5 – гідроізоляція; 7 – щебінь; 8 – утрамбований ґрунт.

УВАГА: Для безпеки обслуговуючого персоналу і тварин при напрузі живлення 380/220 В над нагрівними проводами встановлюють екрануючу сітку з розміром комірок 250x150 мм і діаметром дроту 3...4 мм. Окремі сітки зварюють між собою для створення загального екрану з найменшим електричним опором. До екрануючої сітки перед заливанням її бетоном приварюють заземлюючі проводи.

У випадку живлення від мережі напругою 380/220 В з глухо заземленою нейтраллю екрануючу сітку приєднують до нульового проводу і заземлюючого контуру приміщення, а при відсутності останнього – до спеціально виконаного заземлення. Заземлень повинно бути два і кожне складатися не менш як з трьох заземлювачів.

З'єднують нагрівні проводи між собою та приєднують до проводів живлення в розподільних коробках, які встановлюють в бетоні біля виводів нагрівних проводів кожної секції.

Для автоматичного регулювання температури підлоги використовують напівпровідникові двопозиційні регулятори температури типу ПТР-2-04. Датчики температури (терморезистори) розміщують у металевих гільзах, встановлених в бетонній підлозі. Екранований кабель для з'єднання датчиків температури з шафою керування прокладають у металевих трубах в підлозі. Керують нагрівними елементами теплої підлоги з шафи керування типу ШАИ9966-23АУ5.

Для обігрівання поросят у свинарниках-маточниках застосовують також електрообігрівальні килимки (рисунок 6). Електронагрівник килимка виготовлений із нагрівального проводу ПОСХВ, який укладено між гумовими прокладками. Килимок розрахований на вмикання в електричну мережу напругою 36 або 24 В. Він призначений для обігрівання 8 поросят. Задана температура на поверхні килимка підтримується автоматично за допомогою терморегулятора (одного на 16 килимків).

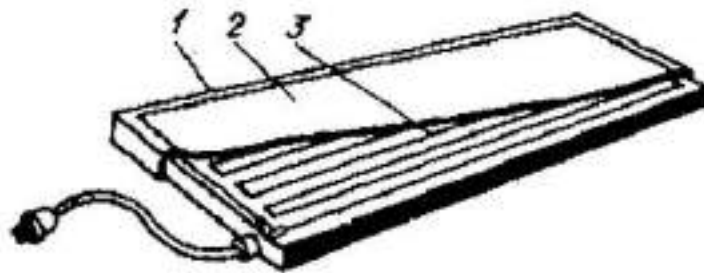


Рисунок 6 – Електрообігрівальний килимок:

1 – металевий каркас; 2 – гумове покриття; 3 – електронагрівник.

Для обігрівання молодняку тварин і птиці застосовують також струмопровідні плівки органічного і неорганічного типів. Плівки мають малу масу і низьку вартість. Плівковий нагрівник (рисунок 7) являє собою тонколистову штамповану стальну панель, покриту зверху склоемалевою ізоляцією. Знизу по всій площі тонкою струмопровідною феросиліцевою плівкою. Струм до плівки підводиться за допомогою гнучких провідників і двох металевих стрічок, нанесених по всій ширині плівки з обох боків. Одна панель має потужність близько 200 Вт і забезпечує обігрівання поросят одного опоросу або до 130 курчат.

НЕОБХІДНО ЗАПАМТАТИ: В електрообігрівальних панелях призначених для опалення виробничих і побутових приміщень нагрівальні елементи закладають у пустоти в бетоні або безпосередньо в бетонну масу. Панель має металевий каркас і екрануючу сітку. Найбільш поширені панелі з нагрівальними елементами, проводами ПОСХВ, ПОСХП і ПОСХВТ.

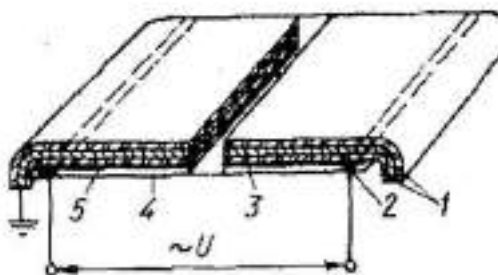


Рисунок 7 – Плівковий нагрівник:

1 – склоемалева ізоляція; 2 – контактний електрод; 4 – теплостійке покриття; 5 – електронагрівальний плівковий елемент опору.

Для місцевого обігрівання молодняку тварин і птиці широко застосовують інфрачервоні опромінювачі, будову і принцип роботи яких описано в підручнику «Електричне освітлення і опромінення».

Найкращі умови для молодняку створюються при комбінованому обігріванні з використанням інфрачервоних опромінювачів і теплої підлоги.

ХІД РОБОТИ

Розрахунок електрообігрівання підлоги проводами ПОСХВ, ПОСХП і ПОСХВТ виконують у такій послідовності.

1. Необхідно розрахувати площу ділянки підлоги, яку потрібно обігріти F , m^2 , за формулою

$$F = fN, \quad (21)$$

де, f – питома площа обігрівання, $\text{м}^2/\text{голову}$ (додаток Д);

N – кількість тварин, *шт.*

2. Розраховуємо питому потужність підлоги (поверхнева густина теплового потоку) $p_{\text{пит}}, \text{Вт}/\text{м}^2$, знаходиться з виразу

$$p_{\text{пит}} = \frac{\alpha(\theta_{\text{під}} - \theta_{\text{пов}})}{\eta}, \quad (22)$$

де, α – коефіцієнт тепловіддачі підлоги, $\alpha = 10 \dots 13 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$;

$\theta_{\text{під}}$ – температура поверхні підлоги, $^\circ\text{C}$;

$\theta_{\text{пов}}$ – температура повітря у приміщенні, $^\circ\text{C}$;

η – К.К.Д. підлоги, $\eta = 0,75 \dots 0,85$.

3. Знаходимо загальну установлену потужність обігрівання підлоги $P, \text{кВт}$, за формулою

$$P = p_{\text{пит}} F \cdot 10^{-3}, \quad (23)$$

$\theta_{\text{пов}}$ – температура повітря у приміщенні, $^\circ\text{C}$; η – к.к.д. підлоги, $\eta = 0,75 \dots 0,85$.

4. Розраховуємо потужність на одну фазу $P_1, \text{кВт}$, з виразу

$$P_1 = \frac{P}{3n}, \quad (24)$$

де, n – кількість секцій, *шт.*

5. Вибираємо марку електронагрівного проводу і визначаємо кількість паралельних секцій $Z, \text{шт.}$, на одну фазу за формулою

$$Z = \frac{R_l \cdot 10^3}{U_\phi} \sqrt{\frac{r}{\Delta P}}, \quad (25)$$

де, r – опір 1 м проводу при робочій температурі, Ом/м (додаток Д);

ΔP – допустима потужність нагрівального проводу, Вт/м (додаток Д);

U_ϕ – фазна напруга, В .

6. Визначаємо загальну довжину проводу на фазу l , м , за формулою

$$l = \frac{R_l \cdot 10^3}{\Delta P}. \quad (26)$$

7. Розраховуємо довжину паралельної секції l_c , м , з виразу

$$l_c = \frac{l}{Z}. \quad (27)$$

8. Знаходимо крок укладання проводу h , м , з формули

$$h = \frac{F}{3l}. \quad (28)$$

Крок укладання проводу можна також взяти з додатка Д.

ПРИКЛАД

Розрахувати електрообігрів підлоги у свинарнику.

Вихідні дані:

вид тварин – поросята відлучені;

кількість – 100 станків;

температура підлоги $\theta_{\text{під}} = 24 \text{ } ^\circ\text{C}$;

температура повітря $\theta_{\text{пов}} = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$;

питома площа обігрівання $f = 1,2 \text{ м}^2/\text{станок}$.

Таблиця 5 Варіанти

Варіант	Вид тварин	Кількість	Температура підлоги, °C	Температура повітря, °C	Питома площа обігрівання	Нагрівальний провід
1	Курчата добові, голів	15000	35	20	0,016 м²/гол	ПОСХВ
2	Курчата віком 30...40 днів	10000	40	21	0,035 м²/гол	ПОСХВ
3	Курчата віком 60...70 днів	8000	35	18	0,075 м²/гол	ПОСХВ
4	Поросята сисуні, голів (по 10 голів у кожному)	70	30	18	1,1 м²/голів	ПОСХВ
5	Поросята на відгодівлі масою 15...30 кг	50 станків	25	18	1,2 м²/станок	ПОСХВ
6	Поросята на відгодівлі масою 30...45 кг	70 станків	20	18	1,2 м²/станок	ПОСХВ
7	Свиноматки, голів	150	25	15	2 м²/гол	ПОСХВ
8	Свиноматки, голів	85	18	15	2 м²/гол	ПОСХП
9	Свиноматки, голів	65	25	16	2 м²/гол	ПОСХП
10	Курчата добові, голів	20000	38	22	0,016	ПОСХП

РОЗВ'ЯЗАННЯ

1986. Розраховуємо питому потужність підлоги (поверхнева густина теплового потоку) $p_{\text{пит}}, \text{Вт/м}^2$, знаходиться з виразу

$$F = fN,$$

$$F = 1,2 \cdot 100 = 120 \text{ м}^2.$$

1. Знаходимо загальну установлену потужність обігрівання підлоги $P, \text{кВт}$, за формулою

$$p_{\text{пит}} = \frac{\alpha(\theta_{\text{під}} - \theta_{\text{пов}})}{\eta},$$

$$p_{\text{пит}} = \frac{12(24 - 18)}{0,75} = 96 \text{ Вт/м}^2.$$

3. Знаходимо загальну установлену потужність обігрівання підлоги $P, \text{кВт}$, за формулою

$$P = p_{\text{пит}} F \cdot 10^{-3},$$

$$P = 96 \cdot 120 \cdot 10^{-3} = 11,52 \text{ кВт}$$

4. Розраховуємо потужність на одну фазу $P_1, \text{кВт}$, з виразу

$$P_1 = \frac{P}{3n},$$

$$P_1 = \frac{11,52}{3 \cdot 1} = 3,84 \text{ кВт}.$$

5. Вибираємо марку електронагрівного проводу і визначаємо кількість паралельних секцій **Z, шт.**, на одну фазу за формулою

$$Z = \frac{P_1 \cdot 10^3}{U_{\phi}} \sqrt{\frac{r}{\Delta P}},$$

$$Z = \frac{3,84 \cdot 10^3}{220} \sqrt{\frac{0,174}{12}} \approx 2 \text{ шт.}$$

6. Визначаємо загальну довжину проводу на фазу **l, м**, за формулою

$$l = \frac{P_1 \cdot 10^3}{\Delta P},$$

$$l = \frac{3,84 \cdot 10^3}{12} = 320 \text{ м}$$

7. Розраховуємо довжину паралельної секції **l_c, м**, з виразу

$$l_c = \frac{l}{Z},$$

$$l_c = \frac{320}{2} = 160 \text{ м}$$

8. Знаходимо крок укладання проводу **h, м**, з формули

$$h = \frac{F}{3l},$$

$$h = \frac{120}{3 \cdot 320} = 0,125 \text{ м}$$

ВИСНОВОК: Крок укладання проводу можна також взяти з додатка Д. Для свинарника з вирощуванням відлучених поросят рекомендується крок укладання проводу 0,1...0,15 м, що відповідає нашим розрахункам.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Навіщо застосовують електрообігрівні підлоги?
2. Яку основну перевагу мають теплі підлоги?
3. Яку будову має електрообігрівна підлога?
4. Чим відрізняється електричний килимок від електрообігрівної підлоги?
5. Як розрахувати електрообігрівну підлогу?

Після виконання роботи студент повинен:

Знати:

- будову електрообігрівної підлоги
- будову електричного килимка
- призначення електрообігрівної підлоги та електричного килимка

Вміти:

- розраховувати електрообігрівну підлогу
- робити висновки з розрахунків

6. ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

ТЕМА: Розрахунок основних парників та теплиць параметрів електронагрівних елементів ґрунту

Навчальний час: 2 години.

МЕТА РОБОТИ: Навчитися розраховувати електронагрівні елементи ґрунту парників та теплиць.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

До споруд захищеного ґрунту оранжереї відносяться парники, весняні і зимні теплиці.

Основний параметр мікроклімату в спорудах захищеного ґрунту – температура повітря, яку підтримують на оптимальному рівні в залежності від виду і віку рослин.

Рекомендовані значення температури додатку Е.

Поряд із температурою повітря велике значення має також і температура ґрунту. Прийнято вважати, що температурний перепад між ґрунтом і повітрям не повинен перевищувати 3...5°C, причому ґрунт вдень повітря повинно нагріватися більше ніж, а вночі навпаки.

НЕОБХІДНО ЗАПАМ'ЯТАТИ: Електрообігрівання парників та теплиць може бути ґрунтовим, повітряним і комбінованим.

Ґрунтовий спосіб забезпечує швидке розігрівання парників і теплиць, відзначається найменшою енергомісткістю і великою теплоакумуючою здатністю, а тому допускає перерви в електропостачанні.

При повітряному обігріванні витрата електроенергії в 1,5 рази більша порівняно з ґрунтовим. Ґрунт розігрівається повільно, теплоти акумулюється мало. Перевагою повітряного способу є менші капітальні вкладення на будівництво. Повітряне обігрівання рекомендується при середніх та пізніх строках введення парників і теплиць в експлуатацію.

Комбіноване (ґрунтово-повітряне) обігрівання забезпечує найкращі умови для рослин, але капітальні затрати при цьому найбільші. Використовується при ранніх строках введення в експлуатацію парників і теплиць.

В парниках найчастіше влаштовують ґрунтове обігрівання, а в теплицях при ранніх строках введення в експлуатацію використовують ґрунтово-повітряне обігрівання, при пізніх – тільки повітряне.

НЕОБХІДНО ЗАПАМ'ЯТАТИ: Розроблено декілька способів електрообігрівання у парниках та теплицях: елементне, електродне, електрокалориферне та променисте. Найпоширеніші елементне і електрокалориферне.

При елементному обігріванні використовують такі нагрівні елементи: сталевий оцинкований дріт діаметром 2 – 3 мм в ізоляційних трубах; нагрівні проводи ПОСХВ, ПОСХП та ПОСХВТ; неізольований дріт діаметром 5 – 7 мм прокладений у шарі піску або безпосередньо в ґрунті при зниженій напрузі живлення (50 В); сталевий дріт, прокладений у шарі асфальтобетону.

Обігрівання сталевим дротом в ізоляційних трубах відзначається простотою виконання монтажних робіт, легкістю заміни дроту в разі перегорання, доброю ізоляцією нагрівного елемента. Недоліками цього способу є: дефіцитність азбоцементних труб, невеликий строк служби дроту (1 – 2 роки), втрати до 20% корисної площі парників, зайнятої трубами повітряного обігрівання і монтажними каналами у торці.

Переваги обігрівання неізольованим сталевим дротом при зниженій напрузі живлення полягають у простоті конструкції та монтажу нагрівного пристрою, підвищеному строку служби (8 – 10 років), рівномірності температурного поля, легкості розігрівання ґрунту, невеликих капітальних вкладень і експлуатаційних витратах. Недоліками такого способу є: необхідність встановлення додаткових знижувальних трансформаторів, складність заміни перегорілого дроту, великі витрати проводів. Крім того нестача електричних властивостей сталевих дротів і залежність електропровідності ґрунту від його вологості ускладнюють розрахунок нагрівних елементів і регулювання температурного режиму.

При обігріванні ґрунту парників і теплиць нагрівними проводами ПОСХВ, ПОСХП і ПОСХВТ забезпечується рівномірність розподілу температури, надійність і довговічність нагрівних елементів. До недоліків цього способу належать складність заміни нагрівних елементів, збільшені капітальні витрати у зв'язку з необхідністю захисту нагрівного проводу від механічних пошкоджень.

Обігрівання асфальтобетонними блоками відзначається довговічністю і високою механічною міцністю нагрівників, рівномірністю розподілу температури і великою теплоаккумуляційною здатністю. Основними недоліками цього способу обігріву є значна трудомісткість виготовлення нагрівного блоку і неможливість заміни нагрівного елемента.

У теплицях нагрівні елементи з сталевих дротів в ізоляційних трубах ненадійні, бо при вирощуванні овочевих культур поливають більшими нормами, ніж у парниках при вирощуванні розсади. При цьому зволожується не тільки ґрунт, але й шар піску з розміщеними нагрівними елементами, в результаті чого вони часто перегорять. Більш надійні в теплицях нагрівні елементи виготовлені з проводів ПОСХВ, ПОСХП та ПОСХВТ.

Електрообігрівання парників

Для обігрівання ґрунту трубчатими нагрівальними елементами (рисунк 8, а) використовують азбоцементні або гончарні труби діаметром 100...150 мм, а для обігрівання повітря – труби діаметром 50...75 мм. Для підвищення електроізоляційних властивостей азбоцементні труби попередньо просочують в гарячому бітумі або трансформаторному маслі. Труби ґрунтового і повітряного обігрівання з'єднують за допомогою муфт з промазуванням місць з'єднання цементним розчином.

Труби ґрунтового і повітряного обігрівання прокладають з нахилом 0,002...0,003. Всередині труб на ізоляційних опорних дисках протягують нагрівальний провід або голий оцинкований дріт. На виході із труб провід закріплюють в монтажних каналах по торцях парника. При використанні голого дроту живлення здійснюється пониженою напругою.

При безпосередньому укладанні в пісок провід від пошкоджень захищають металевою сіткою з вічками 30...50 мм, яка укладається в піску над проводом на відстані 50 мм (рисунк 8, б) або цементною стяжкою. Сітку заземлюють, і вона служить додатковим заходом

електробезпеки на випадок пошкодження ізоляції проводу. Крок укладання проводу біля парубнів 50 мм із збільшенням до 130 мм в середині парника.

При необхідності нагрівним проводом у парнику можна обігрівати і повітря, для чого його підвішують до сталюого дроту, натягнутого вздовж парника на відстані 20-30 мм від парубнів.

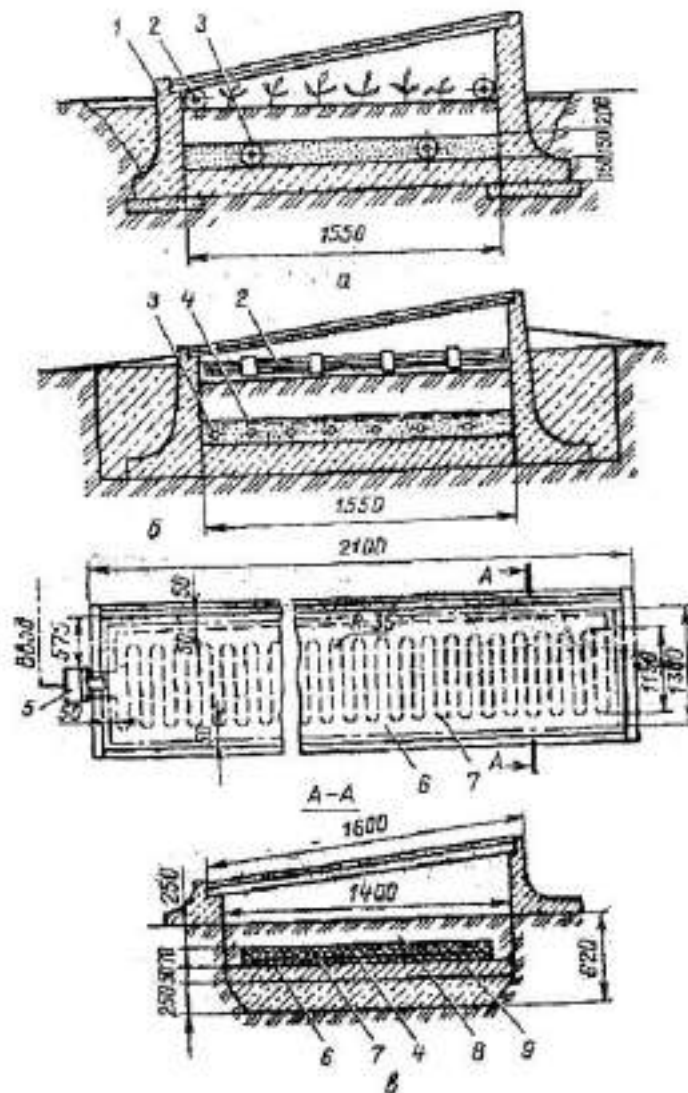


Рисунок 8 – Будова електрообігріву ґрунту і повітря в парниках:

а – обігрів трубчастими нагрівними елементами; б – обігрів нагрівними проводами в піску; в – обігрів асфальтобетонним монолітом; 1 – парубні; 2 – елементи повітряного нагріву; 3 – елементи ґрунтового обігрівання; 4 – захисна металева сітка; 5 – клемна коробка; 6 – асфальтобетонний моноліт з обігрівним проводом і захисною металевою сіткою; 8 – ґрунт; 9 – гравій.

Електрообігрівання теплиць

Для обігрівання повітря в теплицях використовують електрокалориферні установки серії СФОЦ. Ґрунт найчастіше обігрівують нагрівними проводами ПОСХВ, ПОСХП, ПОСХВТ та неізольованим сталюим дротом при зниженій напрузі живлення.

У теплицях, які вводяться в експлуатацію на початку березня, потужність нагрівних елементів для обігрівання повітря становить 120, а для ґрунту 60...80 Вт/м².

У теплицях, які використовуються з кінця березня, звичайно обігрівають тільки повітря, при цьому потужність нагрівних елементів становить $70 - 100 \text{ Вт/м}^2$.

Теплиці будують ангарні та блочні. В ангарних відсутні внутрішні опори. Блочні теплиці являють собою поєднання довільної кількості арочних теплиць з загальним коридором для обслуговування.

Найбільш поширені ангарні теплиці з ґрунтово-повітряним обігріванням площею 1000 і 500 м^2 (рисунок 9).

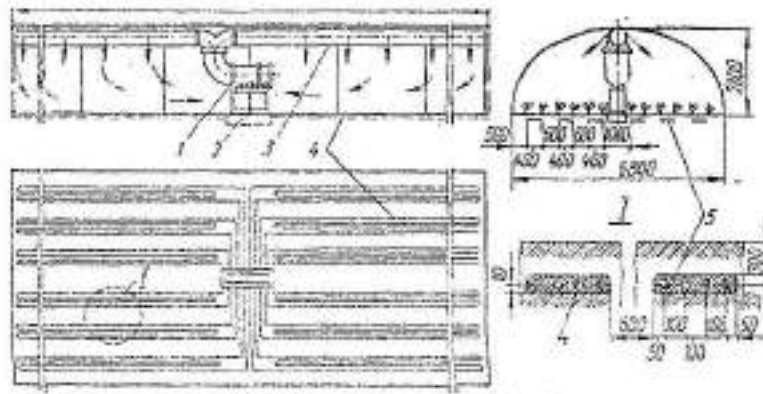


Рисунок 9 – Теплиця з ґрунтово-повітряним обігріванням:
1 – електрокалорифер; 2 – шафа керування; 3 – розподільний повітропровод; 4 – нагрівні проводи; 5 – цементно-піщаний розчин.

Обігрівання повітря в теплиці здійснюється електрокалорифером, встановленим в центрі. Для забезпечення рівномірної температури підігріте в калорифері повітря розподіляється за допомогою двох перфорованих повітропроводів з поліетиленової плівки. Вздовж повітропроводів через 1 м виконані два ряди отворів діаметром 5 см для виходу підігрітого повітря, а їх кінці заглушені,

Ґрунт обігрівається проводом ПОСХВ. Нагрівні елементи прокладають смугами шириною 400 мм на глибині 300 мм і заливають шаром цементного розчину товщиною 40 – 50 мм. Між обігрівними смугами залишають ділянки шириною 600 мм. При такому способі монтажу нагрівних елементів зменшується витрата матеріалів і забезпечується відведення зайвої води під час поливу ґрунту в теплиці.

В середні обігрівні смуги укладають по два, а в крайні по три відрізки проводу довжиною 160 – 170 м кожний.

ХІД РОБОТИ

Потужність нагрівних елементів парників і теплиць повинна бути достатньою для компенсації втрат теплоти у навколишнє середовище вночі, коли зовнішня температура мінімальна.

У спорудах закритого ґрунту теплота втрачається через плівкове чи скляне покриття, ґрунт і нещільності конструкції: найбільше (близько 85 %) через плівку або скло.

1.3 достатньою для практичних розрахунків точністю потужність нагрівних елементів P , кВт , визначають за формулою

$$P = KF(\theta_{\text{вн}} - \theta_{\text{зов}}) \cdot 10^{-3}, \quad (29)$$

де, K – приведений коефіцієнт теплопередачі через плівку чи скло, $Вт \cdot м^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$.

При зміні швидкості вітру від 0 до 8 м/с значення K змінюється від 4,5 до 11,6 $Вт \cdot м^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$ (додаток Е);

F – площа скляного чи плівкового покриття, $м^2$;

$\theta_{вн}, \theta_{зов}$ – розрахункова температура повітря відповідно в парнику чи теплиці та зовнішня, $^\circ C$.

2. Площа заскленої поверхні парників $F, м^2$, визначається за формулою

$$F = abn\beta, \quad (30)$$

де, a і b – довжина і ширина однієї парникової рами, м ($a=1,6$ м; $b=1,06$ м); n – кількість рам;

β – коефіцієнт, що враховує наявність дерев'яних частин у рамах, $\beta = 0,95$.

При, комбінованому обігріванні парників і теплиць розрахункову потужність ділять між нагрівними елементами ґрунту РГ і повітря РП у співвідношенні:

для теплиць $P_G : P_{II} = 1:1$ або $1:2$;

для парників $P_G : P_{II} = 1:1$ або $2:1$.

Нагрівні елементи для обігріву ґрунту і повітря розраховують окремо, використовуючи методику розрахунку електрообігрівної підлоги.

ПРИКЛАД

Розрахувати електрообігрів ґрунту для 20 – рамного парника, в якому вирощують розсаду капусти. Розрахункова температура зовнішнього повітря $\theta_{зов} = -5$ $^\circ C$.

Таблиця 6 Варіанти

Варіанти	Назва і розміри в плані $A \times B, м$	Культура	Нагрівальний провід	Розрахункова температура зовнішнього повітря, $^\circ C$
1	Парник на 50 рам	Розсада капусти	ПОСХВ	-5
2	Парник на 40 рам	Розсада капусти	ПОСХВ	-4
3	Парник на 60 рам	Розсада помідор	ПОСХВ	-3
4	Парник на 80 рам	Розсада помідор	ПОСХВ	-2
5	Парник на 100 рам	Цибуля	ПОСХВ	-3
6	Парник на 20 рам	Цибуля	ПОСХВ	-4
7	Теплиця 60 x 6	Помідори на плоди	ПОСХВ	-5
8	Теплиця 80 x 16	Помідори на плоди	ПОСХП	-6
9	Теплиця 70 x 12	Помідори на плоди	ПОСХП	-7
10	Теплиця 80 x 6	Огірки на плоди	ПОСХП	-8

РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Визначаємо площу заскленої поверхні парника $F, м^2$, за формулою

$$F = abn\beta,$$

$$F = 1,06 \cdot 1,6 \cdot 20 \cdot 0,95 = 32,2 \text{ м}^2$$

2. Розраховуємо потужність нагрівальних елементів парника **P , кВт**, з формули

$$P = KF(\theta_{BH} - \theta_{ЗОВ}) \cdot 10^{-3},$$

$$P = 11,6 \cdot 32,2 [20 - (-5)] \cdot 10^{-3} = 9,34 \text{ кВт}$$

3. Розраховуємо потужність нагрівальних елементів ґрунту **P_{Γ} , кВт**, визначасмо за формулою

$$P_{\Gamma} = \frac{P}{2},$$

$$P_{\Gamma} = \frac{9,34}{2} = 4,67 \text{ кВт}$$

4. Визначаємо потужність на одну фазу **P_1 , кВт**, за формулою

$$P_1 = \frac{P_{\Gamma}}{3n}$$

$$P_1 = \frac{4,67}{3 \cdot 1} = 1,56 \text{ кВт}$$

5. Вибираємо провід ПОСХП і визначаємо кількість паралельних секцій **Z , шт.**, на які потрібно розподілити загальну довжину проводу однієї фази з формули

$$Z = \frac{P_1 \cdot 10^3}{U_{\phi}} \sqrt{\frac{r}{\Delta P}},$$

де, r – опір одного метра проводу при робочій температурі

(ПОСХП – $0,174 \text{ Ом} \cdot \text{м}^{-1}$);

ΔP – допустима потужність нагрівального проводу

(ПОСХП – $11 \dots 12 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-1}$).

U_{ϕ} – фазна напруга, В.

$$Z = \frac{1,56 \cdot 10^3}{220} \sqrt{\frac{0,174}{12}} \approx 1 \text{ ум.}$$

6. Визначаємо загальну довжину проводу на фазу l , м, за формулою

$$l = \frac{R_1 \cdot 10^3}{\Delta P},$$
$$l = \frac{1,56 \cdot 10^3}{12} = 130 \text{ м}$$

7. Розраховуємо довжину паралельної секції l_c , м, з виразу

$$l_c = \frac{l}{Z},$$
$$l_c = \frac{130}{1} = 130 \text{ м}$$

8. Знаходимо крок укладання проводу h , м, з формули

$$h = \frac{F}{3l},$$
$$h = \frac{32,2}{3 \cdot 130} = 0,08 \text{ м}$$

ВИСНОВОК: При вирощування розсади капусти в 20-ти рамному парнику, електрообігрів ґрунту проводиться проводом ПОСХП, довжиною 390 м. Він рівно- мірно розподілений на три фази (по 130 м). Крок укладання 0,08 м. Загальна потуж- ність обігрівання ґрунту в даному парник становить – 4,67 кВт.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Навіщо обігрівання ґрунту в парниках і теплицях?
2. Яка буває електрообігрівання парників та теплиць? Пояснити кожен тип.
3. Які Ви знаєте способи електрообігрівання у парниках та теплицях?
4. Як розрахувати електрообігрівання у парниках та теплицях?

Після виконання роботи студент повинен:

Знати:

- будову електрообігріву ґрунту і повітря в парниках
- принцип роботи ґрунтово-повітряного обігрівання

Вміти:

- розраховувати електрообігрівання у парниках та теплицях
- робити висновки з розрахунків

7. ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7

ТЕМА: Розрахунок і вибір установок для активного вентилявання зерна.

Навчальний час: 2 години.

МЕТА РОБОТИ: Навчитися розраховувати та вибирати установки для активного вентилявання зерна.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Один із найпоширеніших способів збільшення строків зберігання сільськогосподарської продукції є її сушіння. Сушать зерно, листя тютюну, траву тощо. Так, зерно після збирання може мати відносну вологість 20...22%, а тривало зберігати його можна при відносній вологості не вище 14...16%. Сушіння також прискорює процес дозрівання зерна. Для сушіння зерна використовують шахтні і барабанні зерносушарки. При відносній вологості повітря менше 65% зерно можна сушити без підігрівання повітря. На зернотоках і в сховищах для сушіння зерна широко використовують електрокалориферні установки, тепловентиляційні агрегати ВПЭ – 6А та бункери активного вентилявання, БВ-6, БВ-12,5, БВ-25, БВ-50 (додаток Ж).

Активне вентилявання з електропідігрівом повітря найбільш ефективний і економічний спосіб сушіння. Активне вентилявання зерна застосовують для короткочасної консервації зерна перед сушінням в зерносушарках, а також для сушіння.

Для активного вентилявання зерна в засіках використовують агрегат ВПЭ-6А (рисунок 10 а) з високонапірним вентилятором і ТЕНами. Агрегат встановлюють зовні приміщення і по мірі обробки переміщують від одного засіка до іншого, під'єднуючи до повітророзподільної мережі. Теплова продуктивність 80000 кДж/год, подача повітря агрегату 13000 м³/год., встановлена потужність 32 кВт, в тому числі нагрівників – 22 кВт.

Регулювання подачі повітря здійснюється за допомогою жалюзі на вході в агрегат, а потужності – кількістю ввімкнених груп ТЕНів.

Агрегатом ВПЭ-6А одночасно можна сушити зерно у засіках з площею підлоги до 18 м² при висоті шару до 1,5 м.

Сушіння закінчують якщо відносна вологість верхнього шару зерна 15...16%.

Бункер активного вентилявання (рисунок 10, б) складається із двох концентричних перфорованих циліндрів 5 і 6, які створюють кільцеподібну камеру, в яку завантажують вологе зерно. Відцентровий вентилятор 7 забирає зовнішнє повітря нагнітає його у внутрішній циліндр, де змонтовано пересувний запірний поршень з приводом від ручної лебідки. Цей поршень встановлюють трохи нижче верхнього рівня зерна для запобігання виходу теплого повітря у верхню незаповнену частину бункера. Повітря пронизує шар зерна від внутрішнього циліндра до зовнішнього і відбирає надлишкову вологу. При відносній вологості зовнішнього повітря понад 65 % вмикається електрокалорифер 8, в якому повітря підігрівається на 5...6 °С.

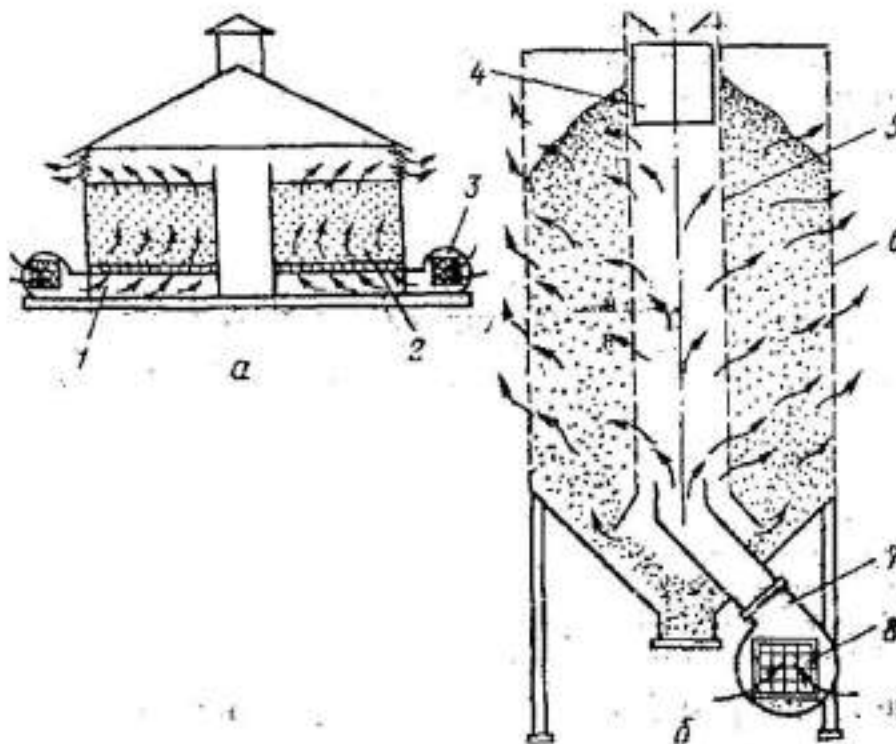


Рисунок 10 – Схеми активного вентилявання зерна в засіках (а) і бункерах активного вентилявання (б): 1 – повіторозподільний канал; 2 – засік із зерном; 3 – агрегат ВПЭ-6А; 4 – поршень-заглушка; 5 і 6 – внутрішній і зовнішній перфоровані циліндри; 7 – вентилятор; 8 – електрокалорифер.

Керування бункером активного вентилявання БВ-25 здійснюється станцією керування ШАИ5803 – 23А3.

На рисунку 11 зображено принципіальну електричну схему вентиляваного бункера. Схема передбачає ручне і автоматичне керування. При ручному керуванні перемикач SA встановлюють у положення «Р» і вмикають та вимикають електродвигун вентилятора і нагрівальні елементи електрокалорифера за допомогою кнопок SB1...SB6. Про заповнення бункера зерном сигналізують лампа HL5 та дзвоник HA, які вмикаються в електромережу за допомогою датчика рівня зерна SL мембранного типу. Кнопкою SB7 можна вимкнути дзвінок.

При автоматичному керуванні перемикач SA встановлюють у положення «А» і натискають на кнопку SB1. При цьому одержує живлення котушка електромагнітного пускача КМ1, останній спрацьовує, вмикає електродвигун вентилятора і замикає коло живлення реле часу КТ.

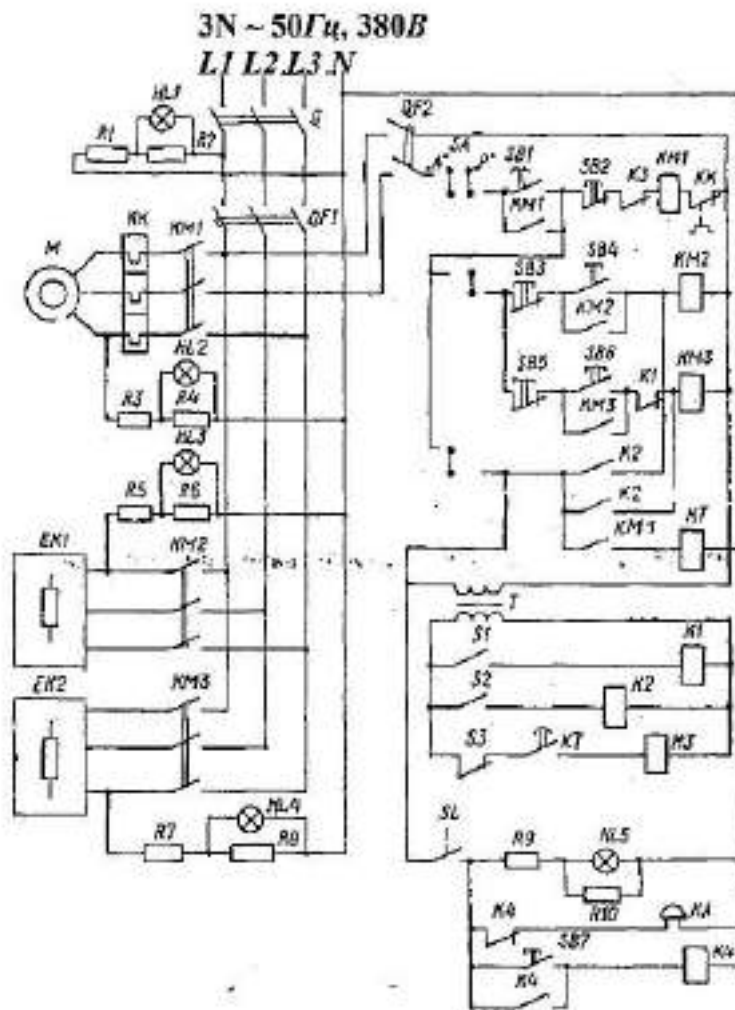


Рисунок 11 – Принципіальна електрична схема бункера активного вентиляван-
ня БВ-25

Датчики вологості $S\phi 1$ і $S\phi 2$, відрегульовані відповідно на відносну вологість повітря 70 і 80%, залежно від вологості зовнішнього повітря вмикають одну або дві секції нагрівальних елементів електрокалорифера. При відносній вологості повітря, яке виходить з бункера і дорівнює 65%, контакт датчика вологості $S\phi 3$ розмикається, що приводить до вимикання вентилятора і нагрівальних елементів електрокалорифера. Реле часу КТ має витримку часу 9—10 хв., щоб тепле повітря пройшло через зерно і датчик вологості $S\phi 3$ контролював відносну вологість повітря на виході з бункера.

ХІД РОБОТИ

Бункери активного вентилявання вибирають по потужності електропідігрівників повітря і подачі повітря.

8. Визначаємо розрахункову потужність P , кВт , електропідігрівників визначають за формулою

$$P = \frac{L_v (\theta_2 - \theta_1)}{3600 \eta_e}, \quad (31)$$

де, L_v – подача повітря, $\text{м}^3/\text{год}$;

θ_1, θ_2 – відповідно температура повітря на вході і виході із калорифера;

η_e – ККД електрокалорифера (0,91...0,95).

З додатка Ж вибираємо найбільш близький за потужністю тип бункера активного вентилявання.

ПРИКЛАД

Необхідно вибрати бункер активного вентилявання зерна. Температура повітря на вході 24 °С, на виході 31 °С. Подача вентилятора 1600 $\text{м}^3/\text{год}$. ККД електрокалорифера 0,95.

Таблиця 7 Варіанти

варіант	Температура повітря на вході, °С	Температура повітря на виході, °С	Подача повітря, $\text{м}^3/\text{год}$.	η_e
1	25	33	1550	0,91
2	14	22	11000	0,92
3	21	30	3300	0,93
4	18	28	5600	0,94
5	21	29	11300	0,95
6	15	22	22500	0,91
7	24	31	1500	0,92
8	18	26	10500	0,93
9	26	36	3000	0,94
10	14	25	5300	0,95

1. Визначаємо розрахункову потужність **P , кВт**, електропідігрівників визначають за формулою 31

$$P = \frac{1600 \cdot (31 - 24)}{3600 \cdot 0,95} = 3,27 \text{ кВт}$$

ВИСНОВОК: Вибираємо за розрахунковою потужністю бункера активного вентилявання СЗЦ 1,5 на потужність 3,3 кВт.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які Ви знаєте способи збільшення строків зберігання сільськогосподарської продукції?
2. Яку будову мають бункери активного вентилявання зерна?
3. Розповісти роботу принципіальної електричної схеми бункера активного вентилявання БВ-25.

5. Як вибрати бункер активного вентилявання зерна?

Після виконання роботи студент повинен:

Знати:

- будову електрообігрівної підлоги
- будову електричного килимка
- призначення електрообігрівної підлоги та електричного килимка

Вміти:

- розраховувати електрообігрівну підлогу
- робити висновки з розрахунків

ДОДАТОК А

Таблиця 1 – Теплота згорання деяких видів палива та їхня вартість

Найменування	Одиниці вимірювання	Теплота, яка виділяється при згорання, $\times 10^6 \text{ Дж}$	Вартість енергоносія, грн.
Антрацит	1 кг	28,5	
Буре вугілля	1 кг	12,5	
Кам'яне вугілля	1 кг	25	
Дрова (сухі)	1 кг	12	
Торф	1 кг	15	
Бензин	1 кг	44	
Гас	1 кг	45	
Дизпаливо	1 кг	42	
Мазут	1 кг	39	
Природний газ	1 м ³	45	
Електроенергія	1 кВт·год.	3,6	

ДОДАТОК Б

Таблиця 1 – Провідникові матеріали для нагрівальних елементів та їхні технічні дані

Найменування матеріалу	Щільність, г/см ³	Питомий електричний опір при 20 °C, Ом·м	Температурний коефіцієнт опору при 20 °C, °C ⁻¹	Максимально допустима робоча температура, °C	Температура плавлення, °C
Ніхром (Х20Н80)	8,4	$1,10 \cdot 10^{-6}$	0,000165	1150	1400
Ніхром (Х15Н60)	8,2	$1,10 \cdot 10^{-6}$	0,000163	1050	1390
Фехраль(Х13А4)	7,1	$1,35 \cdot 10^{-6}$	0,00017	900	1450
Нержавіюча сталь (1Х18Н9Т)	7,8	$0,71 \cdot 10^{-6}$	0,000166	850	1400–1425
Константан	8,9	$0,50 \cdot 10^{-6}$	0,000005	350 – 450	1270
Сталь маловуглецева ринкова	7,8	$0,135 \cdot 10^{-6}$	0,0045	300	1400

ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКА Б

**Таблиця 2 – Допустимі навантаження на ніхромовий дріт, підвищений горизон-
тально в спокійному повітрі при температурі 20°C**

Діаметр дроту	Переріз, мм ²	Сила струму, А, при розрахунковій температурі, °C						
		200	400	600	700	800	900	1000
0,1	0,00785	0,1	0,47	0,63	0,72	0,8	0,9	1,0
0,15	0,0177	0,46	0,74	0,99	1,15	1,28	1,4	1,62
0,2	0,0314	0,65	1,03	1,4	1,65	1,82	2,0	2,3
0,25	0,049	0,84	1,33	1,83	2,15	2,4	2,7	3,1
0,3	0,085	1,05	1,63	2,27	2,7	3,05	3,4	3,85
0,35	0,096	1,27	1,95	2,76	3,3	3,75	4,15	4,25
0,4	0,126	1,5	2,34	3,3	3,85	4,4	5,0	5,7
0,45	0,159	1,74	2,75	3,9	4,45	5,2	5,85	6,75
0,5	0,195	2,0	3,15	4,5	5,2	5,9	6,75	7,7
0,55	0,238	2,25	3,55	5,1	5,8	6,75	7,6	8,7
0,6	0,282	2,52	4,0	5,7	6,5	7,5	8,5	9,7
0,65	0,332	2,82	4,4	6,3	7,15	8,25	9,3	10,75
0,7	0,385	3,1	4,8	6,95	7,8	9,1	10,3	11,8
0,75	0,442	3,4	5,3	7,55	8,4	9,95	11,25	12,85
0,8	0,503	3,7	5,7	8,15	9,15	10,8	12,3	14,0
0,9	0,636	4,25	6,7	9,35	10,45	12,3	14,5	16,5
1,0	0,785	4,85	7,7	10,8	12,1	14,3	16,8	19,2
1,1	0,95	5,4	8,7	12,4	13,9	16,5	19,1	21,5
1,2	1,13	6,0	9,8	14,0	15,8	18,7	21,6	24,3
1,3	1,33	6,6	10,9	15,6	17,8	21,0	24,4	27,0
1,4	1,54	7,25	12,0	17,4	20,0	23,3	27,0	30,0
1,5	1,77	7,9	13,2	19,2	22,4	25,7	30,0	33,0
1,6	2,01	8,6	14,4	21,0	24,5	28,0	32,9	36,0
1,8	2,54	10,0	16,9	24,9	29,0	33,1	39,0	43,2
2,0	3,14	11,7	19,6	28,7	33,8	39,5	47,0	51,0
2,5	4,91	16,6	27,5	40,0	46,6	57,5	66,5	73,0
3,0	7,07	22,3	37,5	54,5	64,0	77,0	88,0	102,0
4,0	12,6	37,0	60,0	80,0	93,0	110,	129,0	151,0
5,0	19,6	52,0	83,0	105,0	124,0	146,0	173,0	206,0

Таблиця 1 – Технічні характеристики електроводонагрівників акумуляційного типу

Показники	УАП-400/ 09-М1	УАП-800/ 09-М1	УАП- 1600/ 09-М1	САОС- 400/90-И1	САОС- 800/90-И1
Місткість баку, л	400	800	1600	400	800
Потужність, кВт	12	18	30	12	18
Температура води на виході, °C	90	90	90	90	90
Час розігріву води до 80 °C, год.	2,9	5,0	6,0	3,3	5,0
Надлишковий тиск води у водонагрівнику, МПа	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Коефіцієнт корисної дії, %	95	95	95	96	96

Таблиця 2 – Технічні характеристики проточних електроводонагрівників

Показники	ЭПВ-2А	ВЭП-600	САЗС-400/90-И1	САЗС-800/90-И1	ЭВ-Ф-15А
Місткість баку, л	12	600	400	800	12
Потужність нагрівних елементів, кВт	10,5	10	12	18	15
Максимальна температура води на виході, °C	90	90	95	95	75
Потужність електродвигуна циркуляційного насоса, кВт	–	0,37	0,37	0,37	–
Надлишковий тиск води у водонагрівнику, МПа	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Коефіцієнт корисної дії, %	90	90	96	96	91

Таблиця 3 – Технічні характеристики трубчатих електронагрівників типу ТЕН

Питома потужність, Вт/см ²	Нагрівний матеріал	Умовне позначення нагрівного матеріалу	Застосування	Матеріал трубки
5,0	Повітря та інші гази і суміш газів	Т	Нагрівання нерухомого повітря при температурі поверхні ТЕНа від 450 до 700 °С	Нержавіюча сталь
2,2	Те ж	С	Те ж, при температурі поверхні ТЕНа до 450 °С	Вуглецева сталь
5,5	Те ж	О	Нагрівання повітря в потоці при швидкості не менше 6 м/с до температури поверхні ТЕНа 450 °С	Те ж
6,5	Те ж	К	Те ж, при температурі поверхні ТЕНа від 450 до 600 °С	Нержавіюча сталь
2,5	Те ж	Э	Нагрівання повітря в потоці при швидкості менше 6 м/с до температури поверхні ТЕНа 450 °С	Вуглецева сталь
5,1	Те ж	Н	Те ж, при температурі поверхні ТЕНа від 450 до 600 °С	Нержавіюча сталь
7,0	Вода, слабкий розчин лугів і кислот	Х	Нагрівання, кип'ятіння	Мідь, латунь
11,0	Вода, слабкий розчин лугів і кислот	П	Нагрівання, кип'ятіння	Нержавіюча сталь
11,0	Те ж	Р	Те ж	Вуглецева сталь
3,0	Жири харчові, мінеральні масла	И	Нагрівання у ваннах до температури поверхні ТЕНа до 300 °С	Те ж

ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКА В

Таблиця 4 – Технічні дані трубчатих електронагрівників для нагрівання води, слабких розчинів лугів і кислот

Номер по каталогу 12.15.04 – 77	Умовне позначення трубчатого нагрівника	Номінальна потужність, кВт	Опір, Ом	Питома поверхнева потужність, Вт/см ²	Розмір, мм				Активна довжина, м
					габаритний		установочний		
					А	Б	Г	Д	
3	ТЕН-32АВ/0,4Р36	0,4	3,24	4,08	370 171	— 86	— 73	—	240 240
5	ТЕН-32А10/0,4Р220	0,4	120,88	5,3	171	60	50	—	240
6	ТЕН-32А10/0,4П220	0,4	120,88	5,3	171	60	50	—	240
8	ТЕН-32А13/0,4Р36	0,63	2,06	6,43	370 171	— 86	— 73	—	240 240
10	ТЕН-32А13/1Р220	1,0	48,35	10,21	380 183	— 96	— 83	—	240 240
16	ТЕН-44А13/0,63Р36	0,63	2,06	4,29	490 231	— 86	— 78	—	360 360
20	ТЕН-44А13/0,8Р220	0,8	60,44	5,44	228	113	100	—	360
36	ТЕН-78А13/0,63Р110	1,0	12,10	3,50	830 401	— 86	— 73	—	700 700
59	ТЕН-100В13/2Р220	2,0	24,2	6,12	519	95	65	465	800
62	ТЕН-100Б13/3,5Р220	3,5	13,83	9,86	519	95	65	466	870
63	ТЕН-100В13/3,5П220	3,5	13,83	10,72	519	95	65	466	800
66	ТЕН-100А13/4Р220	4,0	12,10	10,65	512	117	87	452	920
66	ТЕН-100А13/4П220	4,0	12,10	10,65	512	117	87	452	920

Таблиця 1 – Розрахункові метеорологічні умови в свинарських приміщеннях

Назва будівель або приміщень	Температура повітря в холодний і перехідний періоди, °C			Відносна вологість повітря, %		Швидкість повітря, м/с, у період	
	розрахункова	максимальна	мінімальна	максимальна	мінімальна	холодний	тепліший
Приміщення для холостих і легкосупоросних маток і хряків-плідників	16	19	13	75	40	0,3	0,9
Приміщення для відлучених поросят і ремонтного молодняку	20	22	18	70	40	0,3	0,6
Свинарник-відгодівельник для утримання свиней	18	20	14	75	40	0,3	1,0
Свинарник-маточник для важко-супоросних (за 7 – 10 днів до опоросу) і підсосних маток	20	22	18	70	40	0,15	0,4

Таблиця 2 – Коефіцієнти визначення кількості теплоти, вуглекислого газу і водяної пари, що виділяється птицею при різних температурах

• Температура повітря у приміщенні, °C	• Для молодняку старше 30 днів і дорослої птиці		• Для з...	
	• коефіцієнт для визначення		• коефіцієнт	
	• теплоти	• водяної пари і вуглекислого газу	• теплоти	
• 12	• 1,05	• 0,9	• –	
• 16	• 1,0	• 1,0	• –	
• 20	• 1,0	• 1,0	• 1,0	
• 24	• 1,05	• 1,05	• 1,0	
• 26	• 1,07	• 1,13	• 1,03	
• 28	• 1,1	• 1,22	• 1,05	
• 32	• 1,15	• 1,34	• 1,1	

Таблиця 3 – Норми виділення теплоти, вуглекислого газу і водяної пари різними видами і групами тварин при температурі $+10^{\circ}\text{C}$ і відносній вологості повітря 70%, з розрахунку на одну голову

Види і групи тварин	Маса тварин, кг	Теплота, кДж/год		Вуглекислий газ, л/год	Водяна пара г/год
		загальна	вільна		
Велика рогата худоба					
Корови тільні, сухостійні і нетелі за два місяці до отелення	300	2780	2001	100	319
	400	3308	2382	118	380
	600	4262	3069	153	489
	800	5007	3605	179	574
Корови дійні при Рівні лактації, л 5	300	2755	1985	99	316
	400	3287	2366	118	377
	500	3559	2520	126	408
	600	4229	3044	152	485
10	300	2964	2135	106	340
	400	3521	2533	126	404
	500	3965	2855	142	455
	600	4400	3169	158	505
15	300	3241	2462	123	392
	400	3994	2876	143	458
	500	4421	3282	158	507
	600	4786	3446	172	549
Телята віком місяців до 1	30	461	331	17	53
	40	649	469	23	74
	50	800	574	29	92
	80	1176	846	42	135
від 1 до 3	40	678	490	24	78
	60	988	712	35	113
	100	1549	1114	56	177
	130	1768	1264	63	202
від 3 до 4	90	1143	821	41	131
	120	1700	1223	61	195
	150	1758	1264	63	202
	200	2483	1656	89	265
Молодняк віком 4 місяці і більше	120	1482	942	53	170
	180	1884	1357	68	216
	250	2282	1641	82	261
	360	2998	2156	107	344

Продовження таблиці 3

• Види і групи тварин	• Маса тварин, кг	• Теплота, кДж/год		
		• загальна	• вільна	
• Свині				
• Матки холості та	• 100 • 200	• 1235 • 1696	• 888 • 1223	
• легкопоросні	• 300	• 2165	• 1557	
• Матки важкопоросні	• 100 • 150 • 200	• 1206 • 1419 • 1608	• 871 • 1022 • 1156	
• Матки підпсні з	• 100 • 150	• 2445 • 2784	• 1758 • 2010	
• поросятами	• 200	• 3215	• 2324	
• Поросята до	• 7	• 261,3	• 188	
• двомісячного віку	• 10 • 15	• 362,5 • 460,5	• 260,8 • 330,8	
• Поросята відлучені	• 20 • 30 • 40	• 504,1 • 605,4 • 707,2	• 363 • 435,4 • 410,8	
• Ремонтний і	• 50	• 775	• 557	
• Відгодівельний	• 60	• 929	• 674	
• молодняк	• 80 • 90 • 100 • 110 • 120	• 1080 • 1143 • 1202 • 1264 • 1315	• 775 • 821 • 862 • 909 • 946	
• Дорослі свині на	• 100 • 200	• 1327 • 1758	• 955 • 1264	
• відгодівлі	• 300	• 2315	• 1666	

Примітка. Норми виділення тваринами теплоти і водяної пари залежить від температури і відносної вологості повітря. Зміна цих норм залежно від температури враховується множенням показників, наведених в таблиці 3 на відповідні коефіцієнти подані в таблиці 4. Щоб визначити кількість теплоти, водяної пари та вуглекислого газу, що виділяються тваринами при відносній вологості повітря понад 70%, треба за таблицями 3 дані збільшити на 3%.

Таблиця 4 – Зміна норм виділення тваринами вільної теплоти та водяної пари залежно від температури навколишнього повітря

• Температура повітря в приміщенні, °C	• Коефіцієнт для визначення • кількості вільної теплоти у • приміщеннях для • утримання			
	• великої • рогатої • худоби	• свиней	• овець	
• -10	• 1,59	• –	• –	
• -5	• 1,43	• 1,59	• –	
• 0	• 1,21	• 1,25	• 1,25	
• 5	• 1,12	• 1,08	• 1,08	
• 10	• 1,0	• 1,0	• 1,0	
• 15	• 0,85	• 0,86	• 0,8	
• 20	• 0,63	• 0,67	• 0,6	
• 25	• 0,30	• 0,42	• 0,4	
• 30	• 0,11	• 0,24	• –	

Таблиця 5 – Рекомендовані швидкості повітря в приміщеннях для птахів

Приміщення	Швидкість руху повітря в приміщенні, м/с					
	в холодний період			в теплий період		
	мінімальна	оптимальна	максимальна	мінімальна	оптимальна	максимальна
Для утримання курей, індиків	0,2	0,3	0,6	0,3	0,6	1,0
Для утримання качок, гусей	0,2	0,5	0,8	0,3	0,8	1,2
Для утримання молодняку птахів	0,1	0,2	0,5	0,2	0,4	0,6

Таблиця 6 – Кількість виділеної теплоти, вуглекислого газу і водяної пари, що виділяється птицею на 1 кг її живої маси за годину

• Вид і вікова група	• Жива маса, кг	• Вільна теплота, кДж/кг	• Вуглекислий газ, л
• Кури дорослі яєчних порід (у клітках)	• 1,5...1,7	• 24,6	• 1,54
• Кури дорослі м'ясних порід (на підлозі)	• 3,0...3,5	• 21,3	• 1,44
• Ремонтний молодняк курей яєчних порід віком, тижнів:			
• 1	• 0,06	• 63,8	• 2,7
• 2...4	• 0,25	• 51,2	• 2,2
• 5...8	• 0,60	• 30,1	• 1,53
• 9...17	• 1,14	• 27,9	• 1,26
• 10...29	• 1,45	• 26,4	• 1,02
• Ремонтний молодняк курей м'ясних порід віком, тижнів:			
• 1	• 0,08	• 56,3	• 2,37
• 2...4	• 0,48	• 42,8	• 2,2
• 5...9	• 1,4	• 29,1	• 1,74
• 10...20	• 2,3	• 19,5	• 1,4
• 21...26	• 2,8	• 20,3	• 1,28

• Курчата бройлерів віком			
• тижнів:			
• 1...8 (у клітках)	• 1,3	• 28,6	• 1,44
• 1...9 (на підлозі)	• 1,4	• 31,0	• 1,63
• Індки дорослі	• 6...7,0	• 17,4	• 1,32
• Качки дорослі	• 3,5	• 28,3	• 1,11
• Гуси дорослі	• 5,0...6,0	• 10,5	• 1,0

Примітка.

1. Кількість виділеної теплоти, вуглекислого газу і водяної пари наведена при оптимальній вологості і температурі внутрішнього повітря +24°C для молодичку віком до 30 днів і 16...18°C – молодичку старшого віку і дорослої птиці.

2. Дані про виділення вільної теплоти молодичком наведені для утримання його на підлозі. При скіпсованому утриманні ці дані треба приймати з коефіцієнтом 0,5.

3. Інші норми виділення теплоти, вуглекислого газу і водяної пари залежать від температури повітря у приміщенні і вказуються зменшеним даних, наведених в таблиці 6, на відповідні коефіцієнти, наведені в таблиці 2. Якщо відносна вологість повітря оптимальна то норма виділення водяної пари збільшується на 19%.

Таблиця 8 – Розрахункові метеорологічні умови в приміщеннях для ВРХ

Назва будівель і споруд	Групи тварин	Температура повітря в холодний і перехідний періоди, °C	Відносна Вологість повітря, %		Швидкість повітря, м/с	
			максимальна	мінімальна	оптимальна	максимальна
Корівники, будівлі для молодняку і для худоби на відгодівлі	Корови, бики-плідники, молодняк старший року, худоба на відгодівлі	10	75	40	0,5	1,0
Корівники і будівлі для молодняку молочних у районах з розрахунковою температурою 25 ⁰ C і менше, приміщення для отелення м'ясних корів	Корови і молодняк різного віку молочних порід, м'ясні корови перед і після отелення (на глибокій підстилці)	3	85	40	0,5	1,0
Будівлі для молодняку	Молодняк у віці від 4-6 до 12 місяців	12	75	40	0,5	1,0
Телятники	Телята у віці від 10-12 днів до 4-6 місяців	15	75	40	0,3	0,5
Родильне відділення	Корови телята до 20 днів	15	75	40	0,3	0,5
		20	75	40	0,3	0,5

Таблиця 9 – Розрахункові метеорологічні умови в приміщеннях для птахів

Вид і вікові групи птахів	Розрахункова температура, °C, у холодний період року при утриманні птахів			Оптимальна відносна вологість повітря, %
	на підлозі	в місцях локалізованого підігрівання	кліткове	
Дорослі птахи:				
кури	16-18	–	16-18	60-70
індики	16	–	–	60-70
качки	14	–	–	70-80
гуси	14	–	–	65-70
Молодняк курей:				
ремонтний у віці, тижнів:				
від 1 до 4	28-24	35-22	33-24	60-70
від 5 до 11	18-16	–	18	60-70
від 12 до 26	16	–	16	60-70
курчата –бройлери у віці, тижнів:				
1	28-26	35-20	33-28	65-70
від 2 до 3	22	29-26	25-24	65-70
від 4 до 6	20	–	20	65-70
від 7 до 8	18	–	18	60-70
Молодняк індиків у віці, тижнів				
1	30-28	37-30	35-32	60-70
від 2 до 3	28-22	29-25	31-27	60-70
від 4 до 5	21-19	25-21	26-22	60-70
від 6 до 17	20-17	–	21	60-70
від 18 до 30	16	–	18	60-70
Молодняк качок у віці, тижнів:				
1	26-22	35-26	31-24	65-75
від 2 до 4	20	25-22	24-20	65-75
від 5 до 8	16	–	18	65-75
від 9 до 26	14	–	14	65-75
Молодняк гусей у віці, тижнів:				
від 1 до 4	26-22	30	30-22	65-75
від 4 до 9	20-18	–	20-18	65-75
від 10 до 39	14	–	14	70-80

Таблиця 10 – Норми мінімального обміну повітря на 1 кг маси тварин

Вид і вікова група тварин і птиці	Вентиляційний обмін повітря на 1 кг маси тварин, $m^3/год \cdot kg$		
	взимку	у перехідні періоди	влітку
Корови і молодняк великої рогатої худоби	0,17	0,25	0,4
Телята	0,2	0,25	0,4
Свиноматки, кнури	0,15	0,45	0,6
Свині на відгодівлі	0,20	0,45	0,65
Кури дорослі яєчних порід (у клітках)	0,7	2,2	4,0
Кури дорослі м'ясних порід на (підлозі)	0,75	2,5	5,0
Молодняк курей яєчних порід віком, тижнів: від 1 до 9 від 10 до 22	0,8 – 1,0	2,6	5,0
	0,75	2,7	5,0
Молодняк курей м'ясних порід віком, тижнів: від 1 до 9 від 10 до 26	0,75 – 1,0	2,7	5,5
	0,7	2,8	5,0
Курчата-бройлери віком, тижнів: від 1 до 8 (у клітках) від 1 до 9 (на підлозі)	0,7 – 1,0	2,5	5,0
	0,7-1,0	2,7	5,5
Індики дорослі	0,6	2,2	4,0
Качки дорослі	0,7	2,2	5,0
Гуси дорослі	0,6	2,2	5,0

Таблиця 11 – Технічні характеристики електрокалориферів

СФОЦ-Х/0,5-ІІ

Показники	СФОЦ- 5/0,5-ІІ	СФОЦ- 10/0,5-ІІ	СФОЦ- 16/0,5-ІІ	СФОЦ- 25/0,5-ІІ	СФОЦ- 40/0,5-ІІ	СФОЦ- 60/0,5-ІІ	СФОЦ- 100/0,5-ІІ
Встановлена потужність, $\kappa\text{Вт}$:							
загальна	4,92	10,0	16,1	23,6	47,2	69,7	97,5
нагрівників	4,8	9,6	15,0	22,5	45,0	67,5	90,0
електродвигуна	0,12	0,4	1,1	1,1	2,2	2,2	7,5
Кількість секцій нагрівника	1	2	2	3	3	3	3
Потужність секцій, $\kappa\text{Вт}$	4,8	4,8	7,5	7,5	15	22,5	30,0
Продуктивність по повітрю, $\text{м}^3/\text{год}$	700	800	1900	2500	3500	4000	5000
Загальний аеродинамічний опір, Па	180	350	500	500	900	1000	1000
Різниця температур повітря на вході і виході, $^{\circ}\text{C}$	25	35	30	35	50	65	70
Температура нагрітого повітря, $^{\circ}\text{C}$, не більше	50	50	50	50	50	50	50
Номер вентилятора Ц4-70	2,5	3,2	4	4	5	5	6,3

Таблиця 12 – Технічні характеристики електрокалориферів

СФОЦ-Х/0,5-ІІІ

Показники	СФОЦ- 16/0,5-ІІІ	СФОЦ- 25/0,5-ІІІ	СФОЦ- 40/0,5-ІІІ	СФОЦ- 63/0,5-ІІІ	СФОЦ- 100/0,5-ІІІ	СФОЦ- 160/0,5-ІІІ
Встановлена потужність, $\kappa\text{Вт}$	17,1	24,6	52,1	76	98,5	175,5
Продуктивність по повітрю, $\text{м}^3/\text{год}$:						
мінімальна	1500	1500	4000	6000	6000	10000
максимальна	3000	3000	8000	12000	12000	20000
Загальний аеродинамічний опір, Па	550	600	850	900	900	900
Різниця температур повітря на вході і виході, $^{\circ}\text{C}$:						
при мінімальній продуктивності	40	60	40	40	60	60
при максимальній продуктивності	20	30	20	20	30	30

Таблиця 13 – Технічна характеристика тепловентиляторів серії ТВ

Показники	ТВ-6	ТВ-9	ТВ-12	ТВ-18	ТВ-24	ТВ-36
Подача повітря, $\text{м}^3/\text{год} \cdot 10^3$	3/6	4,5/9	6/12	9/18	12/24	18/36
Теплопродуктивність, $\text{кДж}/\text{год} \cdot 10^4$	25	33,5	46	67	75	96
Повний тиск повітря, який здійснює тепловентилятор, Па	392	392	392	392	392	392
Температура теплоносія (води), $^{\circ}\text{C}$:						
на вході в калорифер	150	150	150	150	150	150
на виході з калорифера	70	70	70	70	70	70
Робочий тиск теплоносія, кПа	588	588	588	588	588	588
Номинальна потужність електродвигуна, кВт	1,4/2,4	2,3/3,7	3,2/5,2	4,2/7,1	6,0/9,0	9,0/13
Питома витрата енергії, $\text{кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3 \cdot 10^4$	4,6	5,5	5,4	4,8	4,5	4,2
Маса тепловентилятора, кг	250	315	360	445	665	695

Таблиця 14 – Типи ящиків керування тепловентиляторами серії ТВ

Тепловентилятори	Ящики керування	Приспівальна потужність, кВт
ТВ-6	ЯОА 9203-307 4УХЛЗ	4,4
ТВ-9	ЯОА 9203-327 4УХЛЗ	7,2
ТВ-12	ЯОА 9203-347 4УХЛЗ	10,6
ТВ-18	ЯОА 9203-357 4УХЛЗ	14,2
ТВ-24	ЯОА 9203-367 4УХЛЗ	18,0
ТВ-36	ЯОА 9203-377 4УХЛЗ	26,0

Таблиця 15 – Комплектація пристрою керування "Електротерм – ХХТВУХЛЗ.1" ящиками

Тип пристрою	Тип ящиків керування	Потужність регулювання, кВт
Електротерм -16 ТВХУЛЗ.1	Я4301-347ВУХЛЗ.1, Я9201104 ВУХЛЗ.1 Я5701-3074 ВУХЛЗ.1	16
Електротерм-25 ТВХУЛЗ.1	Я4301-367ВУХЛЗ.1, Я9201104 ВУХЛЗ.1 Я5701-3074 ВУХЛЗ.1	25
Електротерм-40 ТВХУЛЗ.1	Я4301-397ВУХЛЗ.1, Я9201104 ВУХЛЗ.1 Я5701-3274 ВУХЛЗ.1	46,5
Електротерм-60 ТВХУЛЗ.1	Я4301-407ВУХЛЗ.1, Я9201104 ВУХЛЗ.1 Я5701-3474 ВУХЛЗ.1	69
Електротерм-100 ТВХУЛЗ.1	Я4301-427ВУХЛЗ.1, Я9201104 ВУХЛЗ.1 Я5701-3474 ВУХЛЗ.1	94

Таблиця 1 – Технічні характеристики нагрівних проводів

Показники	ПОСХВ	ПОСХП	ПОСХВТ	ПНВСВ
Зовнішній діаметр, мм	2,9	2,3	3,4	6,2
Діаметр жили, мм	1,1	1,1	1,4	1,2
Тип ізоляції	Полівініл-хлоридна	Поліетиленова	Полівініл-хлоридна теплостійка	Полівініл-хлорид + фторопласт
Допустима робоча температура поверхні проводу, °C	до 60	до 90	105	80
Опір 1 м проводу при робочій температурі, Ом	0,174	0,174	0,094	0,148
Питоме навантаження при прокладанні проводів у ґрунті і підлозі, Вт/м	9...10	11...12	16	16
Допустима напруга, В	250	250	250	250
Електричний опір ізоляції проводів при температурі 20 °C, МОм·км	5	5	5	10
Ресурс роботи, год	12000	12000	12000	20000

Таблиця 2 – Вихідні дані для розрахунку електрообігрівної підлоги

Вид тварин і птиці	Рекомендована температура підлоги, °C	Питома потужність підлоги, Вт/м ²	Питома площа обігрівання, м ² /голову	Рекомендований крок укладання проводу, м
Курчата добові	35...40	280...300	0,015...0,017	0,05...0,1
Курчата в віці 30...40 діб	35	250...300	0,03...0,04	0,05...0,1
Курчата в віці 60...70 діб	35	250...280	0,07...0,08	0,05...0,1
Поросята-сисунки	30...32	250...280	1...1,2 м ² /гніздо	0,1...0,15
Поросята на відгодівлю при масі				
15...30	26	150...200	1,1 м ² /станок	0,1...0,15
30...45	24	150...200	1,2 м ² /станок	0,1...0,15
45...60	18...20	90...150	—	0,1...0,15
Свиноматки	18...20	80...100	2...2,5	0,15...0,2
Корови дійні	10...13	150...190	—	0,15...0,2
Корови хворі (мастит, артрит)	26...29	150...200	—	0,15...0,2

ДОДАТОК Е

Таблиця 1 – Рекомендована температура повітря для основних культур

Культура	Рекомендована температура, °С				
	в період проростання насіння та пересаджування	в період появи сходів	В наступний період		
			у хмарний день	у сонячний день	вночі
Розсада капусти	17...20	5...7	10...14	17...18	7...8
Розсада помідорів, перцю і баклажанів	20...29	8...10	16...20	20...22	10...14
Розсада цибулі	25	12	16...20	20...25	15
Редиска	15...18	5...8	12...15	17	7...8
Кріп, шпинат	24	8...10	16...18	22	8...12
Цибуля на перо	20...25	20	18...20	20...25	15
Цвітна капуста	18...20	7...8	10...14	18	12
Салат	18...20	8...10	15...20	25	12...15
Кабачки	26	13	20	25	15
Помідори на плоди	—	—	18...22	24...30	15...20
Огірки на плоди	25...32	16...18	20...25	26...30	16...20
Баклажани, перець на плоди	—	—	18...22	24...30	15

Таблиця 2 – Приведені коефіцієнти передачі через заклену поверхню парника

Швидкість вітру, м/с	Коефіцієнт теплопередачі, Вт·м ⁻² ·°С ⁻¹	
	парники без утеплення	парники з утепленням
0	7	4,5
2	8,5	5,5
4	10,2	6,0
6	11,2	6,3
8	11,6	6,7

ДОДАТОК Ж

Таблиця 1 – Технічні дані бункерів активного вентилявання

Тип	Об'єм бункера m^3	Місткість по пшениці, t	Подача повітря $m^3/год$	Установлена потужність kWt		Маса, kg
				нагрівників	двигуна	
СЗЦ 1,5	1,5	1,3	1600	3,3	1,0	275
К-839	38,0	32,5	11000	26,0	8,0	2400
БВ-6	8,5	6,0	3300	9,0	3,0	800
БВ-12,5	17,6	12,5	5600	17,5	5,5	1000
БВ-25	35,0	25,0	11300	25,5	7,5	1750
БВ-50	70	50,0	22500	49,0	13,0	2500

ДОДАТОК К

Таблиця 1 – Технічні характеристики холодильних установок

Показники	УВТ-10	АВ-30	МВТ-14	МВТ-20
Холодопродуктивність при температурі на виході з випарника $2^{\circ}C$, kWt	9,0	35,0	14,6	20,4
Витрати води, $m^3/год$	1,2	9,0	6,0	6,0
Встановлена потужність, kWt	6,5	18,0	6,5	9,4

СПИСОК РЕКОМЕДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. В.Ф. Яковлєв, Р.В. Кушлик, С.О. Квітка, Ю.М. Куценко. Проектування систем електрифікації технологічних процесів на підприємствах АПК. Системи електричного освітлення: Навчальний посібник / За заг. Ред. Проф. Яковлєва В.Ф. – Мелітополь, 2010. – 106 с.
2. ДБН В.2.5-28-2006.
3. Довідник сільського електрика. За ред. Олійника В.С. – Київ: Урожай, 1983
4. Підручник сільського електрика. Л. Г. Прищеп – К:Вища школа. Головне в-тво. 1986. – 463 с.
5. Кашченко П.С. Електричне освітлення і опромінення. Навчально – методичний посібник. НМЦ, 2003/ - 134 с.
6. О. С. Садовий. Електричне освітлення та електротехнології. Методичні рекомендації до виконання курсової роботи. Миколаївський національний аграрний університет, 2015. 71 с.

Савойський Олександр Юрійович
Рясна Ольга Василівна
Тесленко Олена Володимирівна

ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРООСВІТЛЕННЯ

Частина 1 - Електротехнології

Методичні вказівки до виконання практичних робіт

Суми, РВВ, Сумський національний аграрний університет, вул. Г. Кондратьєва, 160

Підписано до друку: січень 2025 р. Формат А5: Гарнітура Times New Roman

Тираж: ____ примірників Замовлення _____ Ум. друк. арк. 2,6
