

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОНИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ

Кваліфікаційна робота
другий магістерський
(рівень вищої освіти)

на тему «Підвищення ефективності роботи комбінованої системи опалення
фермерського господарства села Зелений Гай»

Виконав: студент 2 курсу, групи ТЕ-18мд
спеціальності 144 Теплоенергетика
(код і назва спеціальності)
освітньої програми Теплоенергетика
(код і назва освітньої програми)
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

Х.В. Гнатєва
(ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н., доц. О. М. Назаренко
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Рецензент І.В. Крутій
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя
2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет енергетики, електроніки та інформаційних технологій
Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики
Рівень вищої освіти другий магістерський
Спеціальність 144 Теплоенергетика
(код та назва)
Освітня програма Теплоенергетика
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____
« 13 » 01 20 20 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Гнатевій Христині Василівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи (проекту) Підвищення ефективності роботи комбінованої системи опалення фермерського господарства села Зелений Гай керівник роботи Назаренко Олексій Миколайович к.т.н., доцент, (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання) затверджені наказом ЗНУ від «10» вересня 2019 року № 1536 – с.
- Строк подання студентом роботи 17.12.2019 р.
- Вихідні дані до роботи: площа вхідних будівель – 104 м²; 11,4 м²; вартість опалення – 0,65 м³/год; кількість помпів – 1800.
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) загальні відомості про об'єкт дослідження, теплотехнічний розрахунок ферм, визначення класу енергоефективності приміщень, розрахунок установок для виробництва енергії при комбінованому виробництві, економічний розрахунок всіх представлених установок, охорона праці і техніка безпеки.
- Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
 - Схема сонячного нагріву теплового акумулятора,
 - Схема біогазової установки
 - Розрахунок теплофізичних характеристик подвійного U-подібного друштового загра; 4 - розрахунок теплового тротт характеристик напістмленових труб; 5 - Економічний розрахунок; 6 - Креслення (план) ферми.

6 Консультанти розділів роботи		Підпис
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	завдання видав
1 Загальна характеристика об'єкту дослідження	Назаренко О.М., к.т.н., доцент	
2 Теплотехнічний розрахунок будівель	Назаренко О.М., к.т.н., доцент	
3 Розрахунок показників енергоефективності	Назаренко О.М., к.т.н., доцент	
4 Охорона праці	Назаренко О.М., к.т.н., доцент	

7 Дата видачі завдання 02.09.19

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ	02.09.19-03.10.19
2	1.1 Робоча гіпотеза	02.09.19-06.09.19
3	1.2 Загальні види енергії, які використовуються в регіоні	07.09.19-11.09.19
4	1.3 Поточна ситуація по огорожувальним конструкціям	12.09.19-16.09.19
5	1.4 Перспективи сонячної, теплової, вітрової енергії	17.09.19-22.09.19
6	2 ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК	23.09.19-26.09.19
7	2.1 Теплотехнічний розрахунок всіх конструкцій ферм	27.09.19-03.10.19
8	2.2 Визначення класу енергоефективності будівлі	04.10.19-15.11.19
9	2.1 Розрахунок криогенної установки типу К-0,4 для виробництва рідкого кисню і азоту	04.10.19-24.10.19
10	2.3 Розрахунок структурно-технологічних параметрів установок	25.10.19-15.11.19
11	3 РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ	15.11.19-16.12.19
12	ОХОРОНА ПРАЦІ	16.12.19-18.12.19
13	Оформлення звіту	19.12.19-25.12.19

Студент
(підпис)

Х.В. Гнатєва
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)
(підпис)

О. М. Назаренко
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер
(підпис)

Ю.М. Каюков
(ініціали та прізвище)

Гнатєва Х
опалення ферме

Кваліфіка
магістра за сп

Назаренко. За
Факультет ене

теплоенергети
В робот

теплотехнічні
Розроблено е

електроенергі
модельовання

різних альтер
Ключо

КОМБІНОВ

ТЕПЛОТЕХ

Hnatie

village Zeler
Quali

Master in s
Nazarenko.

Energy, Ele

engineering

The
thermal en

АНОТАЦІЯ

Гнатєва Х. В. Підвищення ефективності роботи комбінованої системи опалення фермерського господарства село Зелений Гай.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 144 – Теплоенергетика, науковий керівник О.М. Назаренко. Запорізького національного університету. Інженерний інститут. Факультет енергетики, електроніки та інформаційних технологій, кафедра теплоенергетики та гідроенергетики, 2020.

В роботі наведено основні залежності, що дозволяють досліджувати теплотехнічні процеси, які відбуваються при комбінованій системі опалення. Розроблено експериментальний стенд для дослідження процесів виробітку електроенергії вітроустановкою. Наведено результати фізичного моделювання процесу комбінованої системи опалення при використанні різних альтернативних джерел енергії.

Ключові слова: БІОГАЗОВА УСТАНОВКА, ВІТРОВА УСТАНОВКА, КОМБІНОВАНА СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ, ТОЧКА БІВАЛЕНТНОСТІ, ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК.

ABSTRACT

Hnatieva K. V. Increase of efficiency of combined heating system of farm village Zelenyi Gai.

Qualification graduation work for the degree of higher education of the Master in speciality 144 – heat power engineering, scientific supervisor A. N. Nazarenko. Zaporizhzhya National University. Engineering Institute. Faculty of

Energy, Electronics and Information Technologies, Department of Thermal Power engineering and hydropower, 2020.

The paper provides the basic dependencies allowing to investigate the thermal engineering processes that occur at the combined heating system. Experimental stand for research of production of electric power processes wind turbine is developed. The results of the physical simulation of the combined heating system using different alternative energy sources are given.

Keywords: BIOGAS PLANT, WIND PLANT, COMBINED HEATING SYSTEM, BIVALENCE POINT, HEAT TECHNICAL CALCULATION.

АННОТАЦИЯ

Гнатева К. В. Повышение эффективности комбинированной системы отопления фермерского поселка Зеленый Гай.

Квалификационная выпускная работа для получения высшего образования магистра по специальности 144 - Теплоэнергетика, научный руководитель А.Н. Назаренко. Запорожский национальный университет. Инженерный институт Факультет энергетике, электроники и информационных технологий, кафедра теплоэнергетики и гидроэнергетики, 2020.

В работе приведены основные зависимости, позволяющие исследовать теплотехнологические процессы, происходящие в комбинированной системе отопления. Разработан экспериментальный стенд для исследования производства электроэнергетических процессов ветровой турбины. Приведены результаты физического моделирования комбинированной системы отопления с использованием различных альтернативных источников энергии.

Ключевые слова: БИОГАЗОВАЯ УСТАНОВКА, ВЕТРЯНАЯ УСТАНОВКА, КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ, ТОЧКА БИВАЛЕНТНОСТИ, ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ	
1.1 Робоча гіпотеза	11
1.2 Загальні види енергій, які використовуються в регіоні	
1.2.1 Поточна ситуація по теплотехнічним параметрам огороджувальних конструкцій.	11
1.2.2 Можливість використання традиційних джерел енергії	13
1.2.3 Перспективи використання альтернативних джерел енергії	14
1.2.4 Перспективи сонячної енергії	14
1.2.5 Теплові насоси	15
1.2.6 Біогазова установка	15
1.2.7 Газогенераторна станція	19
1.2.8 Сонячна електростанція	19
2 ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК	21
2.1 Теплотехнічний розрахунок зовнішніх стін	22
2.2 Теплотехнічний розрахунок підлоги ферм	22
2.3 Теплотехнічний розрахунок для горищного перекриття	23
2.4 Теплотехнічний розрахунок вікон	23
2.5 Розрахунок тепловтрат ферми	24
2.6 Визначення класу енергоефективності	28
2.7 Розрахунок повітряного обміну та теплової потужності системи опалення	34
2.8 Визначення річного споживання палива для теплопостачання корівника.	
2.8.1 Споживання тепла для гарячого водопостачання	39

приміщення тваринництва.

2.8.2 Щорічне споживання тепла для створення мікроклімату в тваринному приміщенні. 40

2.9 Розрахунок параметрів біогазової установки

2.9.1 Вибір технологічної схеми 47

2.9.2. Розрахунок структурно-технологічних параметрів 47

2.10 Визначення середньомісячної суми виробництва біогазу. 50

2.11 Розрахунок теплофізичних характеристик ТН 59

2.12 Розрахунок в онлайн калькуляторі сонячного колектора 64

3 РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

3.1 Розрахунок показників енергоефективності біогазової електростанції 67

3.2 Розрахунок теплового насоса « повітря – вода» 68

3.3 Наближений розрахунок річного виробітку електроенергії вітроагрегатом 71

3.4 Щорічні інвестиційні затрати 73

3.5 Розрахунок часу окупності проекту 74

3.6 Експлуатація ТН : розрахунки 75

3.7 Визначення економічної ефективності вітроустановки 76

3.8 Оцінюємо ефективність вітроустановки з енергетичних витрат і визначаємо термін окупності. 77

3.9 Установка сонячного колектора: розрахунки 78

3.10 Потужність та енергія, що виробляється саморобною вітроустановкою (експериментальні дані). 79

3.11 Наближений розрахунок річного виробітку електроенергії вітроагрегатом 80

4 ОХОРОНА ПРАЦІ І ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

4.1 Стан охорони праці, виробничого травматизму і професійної захворюваності в Україні. Невиробничий травматизм 84

4.2 Фізіологічні основи праці. Характеристика основних форм діяльності людини	85
4.3 Поняття та основні завдання гігієни праці та виробничої санітарії	88
4.4 Фактори трудової діяльності та умови праці	92
4.5 .Хімічні фактори повітряного середовища робочого місця та основні джерела його забруднення	86
4.6. Шкідливі речовини та їх класифікація залежно від дії на організм людини	93
4.7.Пил як один з найшкідливіших факторів виробничого середовища	94
4.8. Гранично допустима концентрація шкідливих речовин. Класифікація шкідливих речовин за ступенем впливу на організм людини	95
4.9 Засоби захисту людини від шкідливих речовин	96
4.10 Механічна вентиляція та її види. Вимоги до механічної вентиляції	98
4.11 Загальне уявлення про освітлення та освітленість. Освітлення виробничих приміщень	99
4.12 Шум, його характеристика, види шуму	99
4.13 Вплив шуму на організм людини. Нормування шуму	101
4.14 Заходи та засоби захисту від шуму	102
4.15 Вібрація	104
4.15.1 Вплив вібрації на організм людини	104
4.15.2 Гігієнічне нормування вібрації	108
ВИСНОВОК	
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	111
ДОДАТОК А	

ВСТУП

Актуальність роботи. Прискорений розвиток науково - технічного прогресу передбачає розширення і поглиблення наукових досліджень в області енергозбереження та низько потенціальні та альтернативні джерела енергії. В зв'язку зростанням вимог до інженерних розрахунків при використанні апаратів сучасної енергетики значний інтерес набуває дослідження закономірностей ефективності роботи альтернативних джерел енергії при комбінованій системі опалення.

Об'єкт дослідження – процеси ефективності роботи комбінованої системи опалення.

Предмет дослідження – вплив і дослідження роботи відразу кількох видів перетворення енергій при використанні комбінованої системи опалення.

Мета роботи – розробка лабораторної установки для дослідження процесів виробітки енергії та системи опалення.

Задачі дослідження. Для поставленої мети в роботі вирішуються наступні задачі:

- аналіз літературних джерел за тематикою досліджень;
- дослідження впливу технологічних параметрів процесу ефективності роботи комбінованої системи опалення;
- розробка конструкції лабораторної установки для дослідження процесів системи опалення.

Методи та засоби дослідження. Поставлені задачі вирішувалися шляхом проведення фізичного експерименту на основі розробленої лабораторної установки. В роботі використані основні теоретичні положення теплотехнічних процесів, що відбувалися при системі опалення.

Наукова новизна отриманих результатів. Встановлено залежності ефективності роботи вітрової енергії і отриманні біологічних відходів і газу з них.

Практична цінність роботи полягає в наступному – розроблена лабораторна установка для дослідження ефективності роботи вітрової установки.

Особистий внесок здобувача. Теоретичні дослідження, виконані безпосередньо автором спільно із співробітниками Інженерного інституту Запорізького національного університету. Автору належать основні ідеї роботи, постановка завдання, обґрунтування основних припущень, теоретичні викладки та аналіз отриманих результатів і формулювання висновків за результатами проведених досліджень.

Апробація роботи. Положення роботи викладені на XII студентській науково - технічній конференції студентів, магістрів, аспірантів і викладачів Інженерного інституту Запорізького національного університету «Молода наука» (м.Запоріжжя, 2018 р.), а також дві публікації в науковому журналі «EAST EUROPEAN SCIENCE JOURNAL» (м.Харків, 2019 і 2019 роки).

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота включає вступ, чотири розділи, висновки та перелік джерел посилань з 60 позицій. Загальний обсяг складає сторінки, у тому числі ілюстрацій та таблиць.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Робоча гіпотеза

На сьогоднішній день поточна ситуація фермерського господарства в с. Зелений Гай Дніпропетровської області наступна (див. рис. 1.1).

На фермі проживають 6 корів, 4 телиці, 8 биків, 120 голів курей, 20 гусей, 30 голів качок.

Маємо дві ферми, площа яких складає $11,1 \text{ м}^2$ і $11,4 \text{ м}^2$. Також маємо газове опалення на фермі. Будівлі на момент розрахунку утеплені. Креслення самих ферм знаходиться у ДОДАТКУ А.

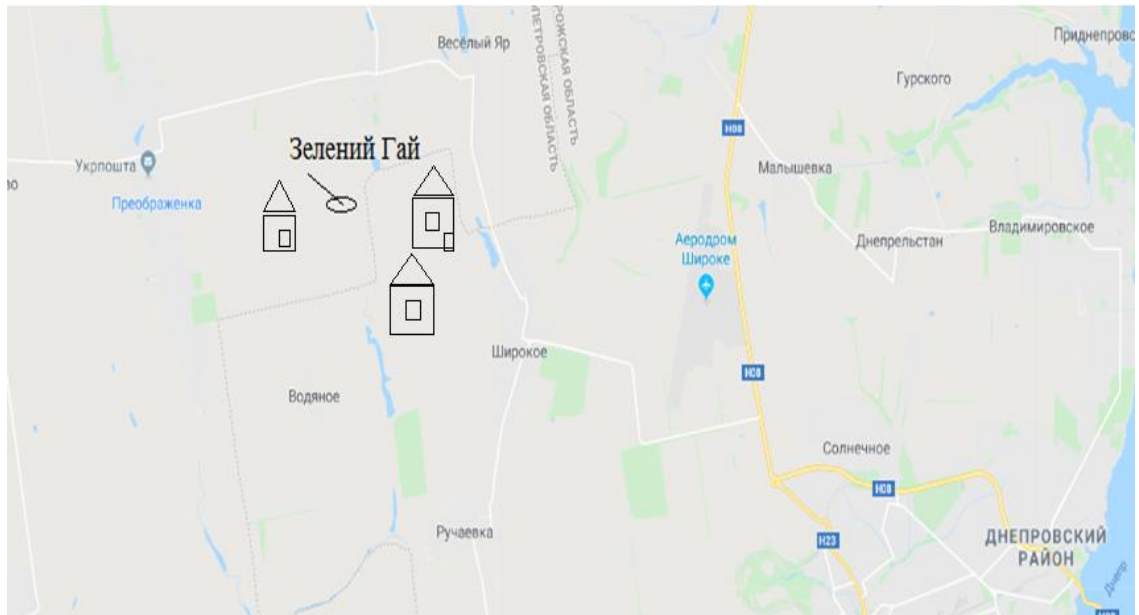


Рисунок 1.1 – Місцезнаходження фермерського господарства

1.2 Загальні види енергій, які використовуються в регіоні

1.2.1 Поточна ситуація по теплотехнічним параметрам огорожувальних конструкцій

Діють досить жорсткі вимоги до енергетичної ефективності будівель. Нові будівлі необхідно обов'язково проектувати з низьким споживанням

енергії – класу С або В і втілювати прогресивні заходи по конструюванню зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель та інженерного обладнання для проектування пасивних будівель класу А. Зводити нові будівлі з споживанням енергії – класів D, E, F і G. Основний вплив на формування теплового режиму в приміщеннях будівлі та, відповідно, її енергетичного статусу (енергетичних витрат на забезпечення необхідного теплового режиму) здійснює її теплоізоляційна оболонка – фундаменти, зовнішні стіни і покриття [5].

Забезпечення раціонального використання енергетичних ресурсів на опалення та охолодження будівель, нормальних санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату приміщень, довговічності огорожувальних конструкцій під час експлуатації в Україні регулюють державні будівельні норми ДБН В.2.6-31:2016 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель». ДБН застосовують при проектуванні, новому будівництві, реконструкції, капітальному ремонті, термомодернізації для складання енергетичного паспорту і оцінювання енергетичних показників при визначенні витрат паливно-енергетичних ресурсів для опалення, охолодження, вентиляції, гарячого водопостачання і освітлення будівель.

Положення цих норм встановлюють мінімальні вимоги до теплотехнічних показників конструкцій теплоізоляційної оболонки і до енергетичних характеристик будівель, які визначаються на підставі економічно обґрунтованого рівня їх енергетичної ефективності з урахуванням очікуваного життєвого циклу при умові задоволення побутових потреб людини і створення оптимальних мікрокліматичних умов для її проживання і перебування. За наявності економічного обґрунтування теплотехнічні показники та енергетичні характеристики будівлі, що проектується, можуть перевищувати нормативні значення [6].

Тип конструкцій ферм:

а) конструкція зовнішніх стін – кладка цегляна керамічної порожнистої густиною 1300 кг/м^3 на цементно-піщаному розчині $\delta_1 = 500 \text{ мм}$;

б) конструкція підлоги поверху - бетон ячеїстий ($\delta_1 = 250$ мм), підлога на лагах (80×50 , через 500 мм), паркетні дошки ($\delta_2 = 25$ мм);

в) перекриття горища – залізобетонна плита ($\delta_1 = 200$ мм), вирівнююче вапняно-піщане стягування ($\delta_2 = 20$ мм).

г) вікна будівлі однокамерні склопакет. Коефіцієнт теплопровідності $0,42 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$;

д) однокамерний склопакет (4x16x4) – це конструкція з двох листів скла, товщиною 4 мм кожне, розмежованих між собою по контуру на 16 мм дистанційною рамкою [8].

Вихідні дані для розрахунку:

- напрям вітру – західний;
- швидкість повітря - 4,8 м;
- відносна вологість повітря - 86 %;
- температура самого холодного місяця (січня) - 4,6 °С;
- температура оточуючої середовища – 22 °С.

Дніпропетровська область знаходиться в I температурній зоні.

1.2.2 Можливість використання традиційних джерел енергії

Розвиток людської цивілізації базується на енергетиці. Від стану паливно-енергетичного комплексу залежать темпи науково-технічного прогресу й виробництва, а отже, й життєвий рівень людей. Темпи зростання виробництва енергії у світі сьогодні є вищими за темпи приросту населення, що зумовлюється індустріалізацією, збільшенням енерговитрат на одиницю продукції в сільському господарстві, гірничорудній промисловості, металургії тощо.

Джерела енергії, які використовує людство, поділяються на відновлювані – енергія Сонця, вітру, морських припливів, гідроенергію річок, внутрішнього тепла Землі, й не відновлювані – викопне мінеральне

паливо та ядерна енергія. Перші не порушують теплового балансу Землі, оскільки під час їх використання відбувається лише перетворення одних видів енергії на інші. Зате використання других спричинює додаткове нагрівання атмосфери і гідросфери. Це небезпечно, бо може призвести до зміни рівня води у Світовому океані, що, своєю чергою, змінить співвідношення площі суші й водного дзеркала, вплине на клімат Землі, на тваринний і рослинний світ [7].

1.2.3 Перспективи використання альтернативних джерел енергії

Альтернативні джерела енергії - відновлювані джерела енергії, до яких належать енергія сонячна, вітрова, геотермальна, енергія хвиль та припливів, гідроенергія, енергія біомаси, газу з органічних відходів, газу каналізаційно-очисних станцій, біогазів, та вторинні енергетичні ресурси, до яких належать доменний та коксівний газ, газ метан дегазації вугільних родовищ, перетворення скидного енергопотенціалу технологічних процесів [9].

1.2.4 Перспективи сонячної енергії

За оцінками фахівців, загальний об'єм "сонячного" сектора енергетики в нашій країні складає близько 2 млрд. кВт-год електроенергії на рік. На сьогоднішній день величезний потенціал розвитку даного напрямку, починаючи від початкової сировини до готових систем. Можливості для розвитку ланцюжка по перетворенню сонячного випромінювання в електричну енергію, починаючи сировиною для виробництва кремнію і закінчуючи монтажем закінчених систем, в Україні також є. Такий підхід сьогодні спостерігається в стратегії розвитку ВАТ "Квазар", яке замикає велику частину виробничого циклу від вирощування напівпровідникового матеріалу до інсталяції готових фотоелектричних систем електропостачання. Ще до отримання незалежності на території нашої країни діяв такий завод як

Запорізький титаномагнієвий комбінат. Мультикристалічний кремній вироблявся колись на Донецькій хіміко-металургійній фабриці (в теперішній час входить до складу Маріупольського металургійного комбінату імені Ілліча) [10].

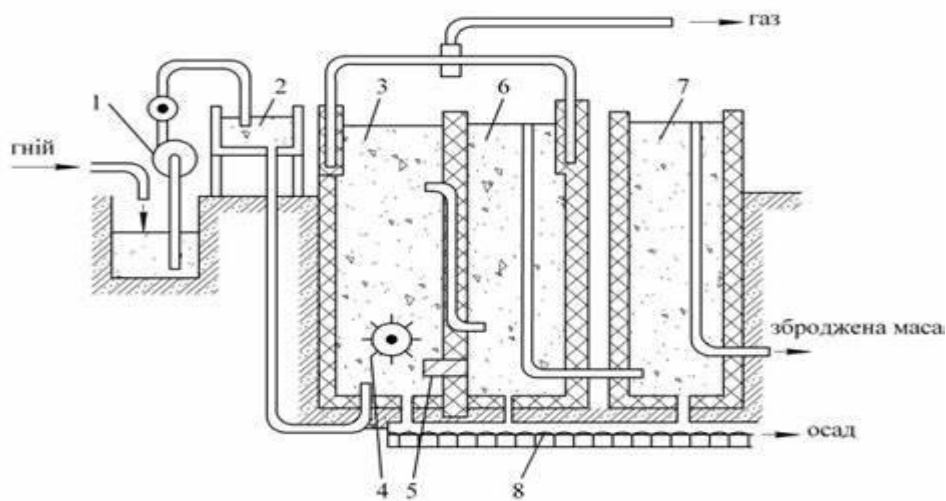
1.2.5 Теплові насоси

Тепловий насос - пристрій для переносу теплової енергії від джерела низькопотенційної теплової енергії (з низькою температурою) до споживача (теплоносія) з більш високою температурою. Термодинамічно тепловий насос аналогічний холодильній машині. Однак якщо в холодильній машині основною метою є виробництво холоду шляхом відбору теплоти з будь-якого об'єму випарником, а конденсатор здійснює скидання теплоти в навколишнє середовище, то в тепловому насосі картина зворотна. Конденсатор є теплообмінним апаратом, що виділяє теплоту для споживача, а випарник - теплообмінним апаратом, що утилізує низькопотенційну теплоту та переробляє її у вторинні енергетичні ресурси і (або) нетрадиційні поновлювані джерела енергії [11].

1.3.6 Біогазова установка

Біогазова установка - це спеціальний агрегат, який дозволяє переробляти відходи сільськогосподарського виробництва та харчової промисловості в біологічні добрива і біологічний газ. Використання подібної установки дозволяє в найкоротші терміни позбавлятися від гною різних видів (включаючи пташиний послід), переробляти залишки рослин (перезимував силос, бадилля харчових культур і т.п.) і якісно утилізувати органічні відходи бойні і птахофабрики. Час отримання біологічних відходів і газу, залежить від щільності перероблятися і їх кількості [12].

Найбільшого поширення подібні установки отримали в таких країнах, як Німеччина і Голландія. В останні роки величезна кількість китайських фермерських господарств і харчових виробництв, також оснащуються біогазовими установками власного виробництва. Пристрій біогазової установки. Слід сказати, що біогазові установки мають дуже просту конструкцію (рис. 1.2). Сучасні моделі таких установок мають достатній ступінь автоматизації, і вимагають мінімальний контроль з боку людини.



1 – насос; 2 – приймальна камера; 3 – бродильна камера; 4 – пристрій для перемішування; 5 – підігрівач біомаси; 6 – камера остаточного зброджування; 7 – збірник збродженої маси; 8 – шнек.

Рисунок 1.2 - Двокамерна біогазова установка проточного типу

Якщо резервуар циліндричної форми розділити поперечною вертикальною перегородкою на дві камери, то можна організувати систему отримання біогазу з почерговим використанням камер резервуара. Будівництво резервуара з перегородкою буде дешевшим, ніж спорудження двох окремих резервуарів. При такому компонуванні зменшується значення теплоізоляції зовнішніх стінок резервуара, а в перегородку, що виготовлена із

досить теплопровідного матеріалу, нескладно вмонтувати будь-який нагрівальний пристрій, який надасть установці конструктивні переваги.

У горизонтально розташованому резервуарі субстрат переміщується в поздовжньому напрямі. Для невеликих установок застосовуються циліндричні реактори із сталі чи склопластика. Горизонтальні резервуари великої місткості, виготовлені із бетону, мають форму паралелепіпеда.

Нахилене розташування таких резервуарів полегшує відтік відпрацьованої маси до вивантажувального отвору. Така конструкція зручна для розміщення простого перемішувального механізму [13].

Отже, сучасна біогазова установка складається з:

- перехідна ємність, в яку потрапляє сировина на самому початку переробки для підігріву;
- міксери, для подрібнення великих часток трави і гною;
- ємність для газу (газгольдер), в якій зберігається отриманий газ, необхідна для підтримки запасів і тиску в системі;
- біореактор, найголовніша частина біогазової установки, в якій відбувається бродіння сировини і виробляється газ;
- газова система, набір труб і шлангів подачі і відведення отриманого газу;
- сепаратори сортують перероблене сировину на тверді і рідкі добрива;
- насоси для перекачування сировини і води;
- прилади вимірювання і контролю за тиском в реакторі і температурою підігріває рідини;
- когенераційна станція, служить для розподілу отриманого газу;
- аварійні пальника для стравлювання зайвого газу з реактора і газгольдера, необхідні для підтримки заданого тиску [14].

Етапи роботи біогазової установки:

1. Доставка продуктів переробки та відходів в установку. У тому випадку, якщо відходи рідкі їх доцільно доставляти в реактор за допомогою

спеціалізованих насосів. Більш тверді відходи можуть доставлятися в реактор вручну, або за коштами транспортної стрічки. У деяких випадках доцільно підігріти відходи, щоб збільшити їх швидкість бродіння і розпаду в біореакторі. Для підігріву відходів використовується перехідна ємність, в якій продукти переробки доводяться до потрібної температури.

2. Переробка в реакторі. Після перехідною ємності, підготовлені (і підігріті) відходи потрапляють в реактор. Якісний біореактор є герметичною конструкцією, виготовлену з особливо міцної сталі, або з бетону, що має спеціальне, антикислотний покриття. В обов'язковому порядку, реактор повинен мати ідеальну теплову та газову ізоляцію.

Навіть найменше попадання повітря або зниження температури спричинить зупинку процесу бродіння і розпаду. Підігрів реактора здійснюється за допомогою трубок з гарячою водою. Система автономна. Нагрівання води відбувається за допомогою виробляється біогазу. Реактор працює без доступу кисню, в повністю замкнутому середовищі. Кілька разів в день, за допомогою насоса в нього можна додавати нові порції переробляється речовини. Оптимальний температурний режим реактора - близько 40 °С. Якщо температура менше, то процес бродіння істотно сповільниться. Якщо збільшити температуру, то відбудеться швидке випаровування води, що не дозволить відходів повністю розпастися. Для того, щоб прискорити процес бродіння використовується спеціальний міксер. Цей пристрій перемішує субстанцію в реакторі через певний проміжок часу.

3. Вихід готового продукту. Після певного часу (від декількох годин, до декількох днів) з'являються перші результати бродіння. Це біогаз і біологічні добрива. В результаті вийшов біогаз потрапляє в газгольдер (бак для зберігання газу). Тиск газу в газгольдері регулюється за допомогою клапанів. У разі надмірного тиску будуть задіяні аварійні пальника, які просто спалють зайвий газ, і тим самим стабілізують тиск. Одержуваний біогаз потребує усушку. Лише після цього його можна використовувати, як звичайний природний газ. Окремо слід сказати, що для підтримки роботи

біогазової установки потрібно близько 15 % одержуваного газу. У свою чергу біологічні добрива потрапляють в спеціально підготовлений бак з сепаратором. Відбувається поділ на тверді (біогумус) і рідкі добрива. Біогумус становить всього лише близько 5 % від загальної кількості одержуваних добрив. Власне, добрива відразу можуть бути використані за призначенням. Додаткової переробки вони не вимагають [15].

1.2.7 Газогенераторна станція

Зріджений газ — продукт газифікації біомаси, являє собою синтез-газ, який можна використовувати як паливо для печей, і двигунів транспортних засобів замість бензину, дизельного палива та інших видів палива.

В процесі виробництва біомасу або інші вуглецевмісні матеріали газифікують в газогенераторі виробництва водню і окису вуглецю в обмеженому середовищі кисню. Ці гази можуть бути спалені як паливо в багатих киснем середовищах для виробництва двоокису вуглецю, води і тепла. В деяких газифікаціях цей процес передуює піролізу, де біомаса або вугілля спочатку перетворюється в чар (твердий матеріал), звільняючи метан і смоли багаті поліциклічними ароматичними вуглеводнями [16].

1.2.8 Сонячна електростанція

Сонячна електростанція — інженерна споруда, що служить для перетворення сонячної радіації в електричну енергію. Способи перетворення сонячної радіації різні і залежать від конструкції електростанції.

Принцип роботи сучасних сонячних електростанцій:

Принцип роботи сучасних сонячних електростанцій (СЕС) заснований на зборі сконцентрованої сонячної енергії за допомогою дзеркал і відображення сонячних променів на приймачі, які збирають сонячну енергію і перетворюють його в тепло. Ця теплова енергія може бути використана для

виробництва електроенергії з допомогою парової турбіни або теплового двигуна, який приводить в дію генератор (див. рис.1.3) [17].

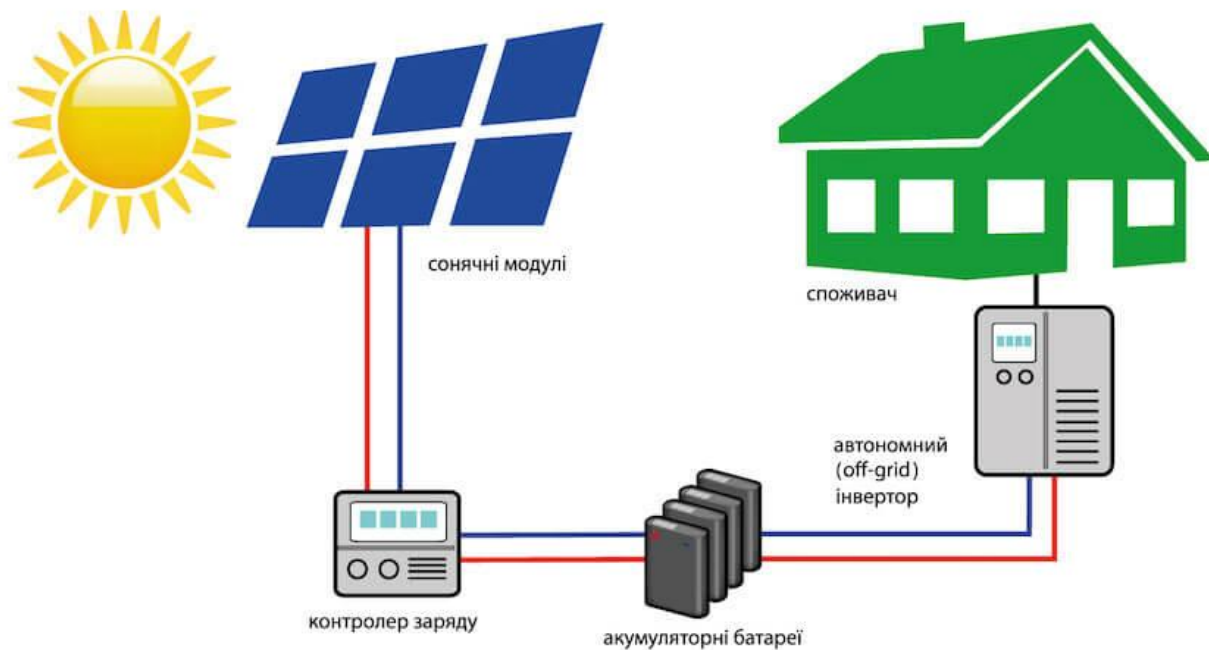


Рисунок 1.3 – Схема сонячної електростанції.

2 ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

Метою теплотехнічного розрахунку є визначення коефіцієнтів теплопередачі зовнішніх стін, підлогиферми і горищного перекриття, Вт/(м²·К)

$$K = \frac{1}{R_o}, \quad (2.1)$$

де R_o - термічний опір, (м²·К)/Вт.

$$R_o = R_e + \sum R_T + \sum R_{e.n.} + R_H, \quad (2.2)$$

де $R_e = \frac{1}{\alpha_e}$ - опір теплопередачі внутрішньої поверхні;

α_e - коефіцієнт тепловіддачі від внутрішнього повітря до поверхні, для всіх перекриттів 8,7 Вт/(м²·К) [17];

$\sum R_T$ - сумарний термічний опір всіх шарів огорожі,

$$R_T = \frac{\delta}{\lambda}$$

δ - товщина шару, м ;

λ - коефіцієнт теплопровідності матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м·К), що приймають згідно з ДБН, [17];

$\sum R_{e.n.}$ - сумарний термічний опір повітряних прошарків, [17];

$R_H = \frac{1}{\alpha_H}$ – опір теплопередачі зовнішньої поверхні;

α_H – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні до навколишнього повітря, приведені в [18].

2.1 Теплотехнічний розрахунок зовнішніх стін

Термічний опір зовнішньої стіни, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$

$$R_o = \frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_H}, \quad (2.3)$$

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \frac{0,5}{0,7} + \frac{0,025}{0,08} + \frac{1}{23} = 1,185.$$

Коефіцієнт теплопередачі для зовнішніх стін, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

$$K = \frac{1}{1,185} = 0,84.$$

2.2 Теплотехнічний розрахунок для підлоги ферм

Термічний опір перекриття, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \frac{0,25}{0,44} + \frac{0,025}{0,35} + \frac{1}{12} + 0,18 = 1,018.$$

Коефіцієнт теплопередачі підлоги ферм, Вт/(м² · К)

$$K = \frac{1}{1,018} = 0,98.$$

2.3 Теплотехнічний розрахунок для горищного перекриття

Термічний опір для горищного перекриття, (м² · К)/Вт

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{12} + 0 = 0,331.$$

Коефіцієнт теплопередачі горищного перекриття, Вт/(м² · К)

$$K = \frac{1}{0,331} = 3,02.$$

2.4 Теплотехнічний розрахунок вікон

Для вікон однокамерних склопакет табличне значення опіру теплопередачі $R_v = 0,42$ (м² · К)/Вт.

Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м² · К)

$$K = K_{v \text{ табл.}} - K_{zn} = 1/0,42 - 0,84 = 1,54,$$

де $K_{v \text{ табл.}}$ – коефіцієнт стандартний (табличний) для вікна, Вт/(м² · К);

K_{zn} – коефіцієнт розрахунковий для вікна, Вт/(м² · К).

2.5 Розрахунок тепловтрат ферми

Основні тепловтрати приміщень складаються з втрат теплоти через окремі зовнішні конструкції, визначені по формулі, Вт

$$Q_{\text{осн}} = F \cdot k \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{н.о.р}}) \cdot n. \quad (2.4)$$

Повні тепловтрати, Вт

$$Q_n = Q_{\text{осн}} \cdot P, \quad (2.5)$$

де P – множник, що враховує додаткові втрати

$$P = 1 + 0,01 \cdot \beta, \quad (2.6)$$

де β - додаткові втрати в %.

В розрахунках враховані наступні додаткові втрати:

- в кутових приміщеннях на 2 °С вище
- на орієнтацію по сторонах світу: на північний захід - 10 %, північний схід – 10 %, південний схід – 5 %, південний захід – 0 %.
- на вітер – 5 %, при швидкості вітру $v = 4,8$ м/с,
- на сходові клітини $-22 \cdot H$.

Побутові тепловиділення (тепловий потік що регулярно поступає від освітлення, устаткування і людей) [17], Вт

$$Q_m = 10 \cdot F, \quad (2.7)$$

де F - площа підлоги приміщень

Втрати теплоти на нагрівання вентиляційного повітря [17], Вт

$$Q_b = 0,337 \cdot F \cdot h \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{н.о.р}}), \quad (2.8)$$

де h – висота приміщення від підлоги до стелі, м.

Втрати теплоти Q_6 на нагрівання зовнішнього повітря, проникаючого через вхідні зовнішні двері, що короткочасно відкриваються в сходових клітках, Вт

$$Q_6 = 0,7 \cdot B \cdot (H + 0,8 \cdot P) \cdot (t_{вн} - t_{н.о.р.}), \quad (2.9)$$

де H – висота будівлі, м;

P – кількість людей, що знаходяться в будівлі;

B – коефіцієнт, що враховує кількість вхідних тамбурів. (При одному тамбурі – двоє дверей $B = 1$) [20].

Загальні втрати тепла підраховуються для всього приміщення, Вт

$$Q_{заг} = \Sigma Q_n + Q_6 - Q_m \quad (2.10)$$

Результати розрахунків тепловтрат для всіх приміщень будівель зводяться в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунки тепловтрат для всіх приміщень ферм

№ приміщення	Назва огорожі	внутрішня тем-ра, °С	орієнтація по сторонам світа	розміри, м	площа, м ²	різниця температур, °С	поправочний коефіцієнт, п	кВт/м ² *К	Qосн, Вт	додаткові втрати на орієнтацію, %	додаткові втрати на вітер, %	інші додаткові втрати, %	сума додаткових втрат, %	Qп, Вт	Qв, Вт	Qт,Вт	Qзаг, Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 ферма																	
101	вікно	22	пвд	1,3*1,4	1,82	42	1	1,54	117,7	-	-	-	-	117,7	348,34	80	4062,3
	пл	22	-	4*2	8	42	1	0,98	329,2	-	-	-	-	329,2			
	пл к	22	-	2*2	4	42	1	0,98	164,6	-	-	-	-	164,6			
	горищ	22	-	4*2	8	42	0,9	3,02	913,2	-	-	-	-	913,2			
	дв	22	пвд	2*1,5	3	42	1	2	252	-	-	60,5	-	252			
	зс	22	пвн	(4*0,545)+(2,75+0,5)	5,43	42	1	0,84	191,5	10	-	-	10	210,7			
	зс	22	зх	4*8	32	42	1	0,84	1128	5	5	-	10	1241,8			
	зс	22	пвд	4*4	16	42	1	0,84	564,4	-	-	-	-	564,4			
102	зс	22	сх	(4*0,545)+(2,75+0,5)	5,43	42	1	0,84	191,5	10	-	-	10	210,7	696,69	160	3597,6
	зс	22	пвд	(4*0,545)+(2,75+0,5)	5,43	42	1	0,84	191,5	-	-	-	-	191,5			
	горищ	22	-	2*8	16	42	0,9	3,02	1826	-	-	-	-	1826,4			
	пл	22	-	2*8	16	42	1	0,98	658,5	-	-	-	-	658,5			
	вікно	22	пвд	1,4*1,3	1,82	42	1	2,27	173,5	-	-	-	-	173,5			

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2 ферма																	
201	вікно	22	пвд	1,4*1,3	1,82	42	1	1,54	117,7	-	-	-	-	117,7	373,68	80	2407,3
	вікно	22	пвд	1,4*1,3	1,82	42	1	1,54	117,7	-	-	-	-	117,7			
	пл	22	-	4*2	8	42	1	0,98	329,2	-	-	-	-	329,2			
	горищ	22	пвд	4*2	8	42	0,9	3,02	913,2	-	-	-	-	913,2			
	зс	22	сх	(4*0,545)+(2,95+0,5)	5,63	42	1	0,84	198,6	10	-	-	10	218,4			
	зс	22	пвд	(4*0,545)+(2,95+0,5)	5,63	42	1	0,84	198,6	-	-	-	-	198,6			
	зс	22	зх	(4*0,545)+(2,95+0,5)	5,63	42	1	0,84	198,6	5	5	-	10	218,4			
202	вікно	22	пвн	1,4*1,3	1,82	42	1	1,54	117,7	10	-	-	10	129,4	373,68	80	2360,0
	пл	22	-	4*2	8	42	1	0,98	329,2	-	-	-	-	329,2			
	горищ	22	-	4*2	8	42	0,9	3,02	913,2	-	-	-	-	913,2			
	зс	22	пвд	(4*0,545)+(2,95*0,5)	5,63	42	1	0,84	198,6	-	-	-	-	198,6			
	зс	22	пвн	(4*0,545)+(2,95*0,5)	5,63	42	1	0,84	198,6	10	-	-	10	218,4			
	дв	22	пвн	2*1,5	3	42	1	2	252	10	-	64,9	10	277,2			

2.6 Визначення класу енергоефективності

Методика розрахунку класу ефективності будинку виконується згідно ДСТУ [17].

Приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку $k_{\Sigma\text{пр}}$, Вт/(м²·К)

$$k_{\Sigma\text{пр}} = \xi \cdot \frac{\left(\frac{F_{\text{нп}}}{R_{\Sigma\text{пр нп}}} + \frac{F_{\text{сп}}}{R_{\Sigma\text{пр с}}} + \frac{F_{\text{д}}}{R_{\Sigma\text{д}}} + \frac{F_{\text{пк}}}{R_{\Sigma\text{пр пк}}} + \frac{F_{\text{ц}}}{R_{\Sigma\text{пр ц}}} \right)}{F_{\Sigma}}, \quad (2.11)$$

де ξ – коефіцієнт, що враховує додаткові тепловтрати, що пов'язані з орієнтацією огорожень за сторонами світу, наявністю кутових приміщень, надходженням холодного повітря через входи в будинок; для житлових будинків $\xi = 1,1$;

F_{Σ} – загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій, м²;

$F_{\text{нп}}$ – загальна площа зовнішніх непрозорих стінових огорожувальних конструкцій, м²;

$F_{\text{сп}}$ – загальна площа світлопрозорих огорожувальних конструкцій, м²;

$F_{\text{д}}$ – загальна площа входних дверей, м²;

$F_{\text{пк}}$ – загальна площа перекриття холодного горища, м²;

$F_{\text{ц}}$ – загальна площа перекриття над підпіллям, м².

$$k_{\Sigma\text{пр}} = 1,1 \cdot \frac{\frac{64,29}{0,84} + \frac{3,64}{2,27} + \frac{3}{2} + \frac{32}{3,02} + \frac{28}{0,98}}{130,93} = 0,99.$$

Умовний коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій будинку $k_{\text{інф}}$, Вт / (м² · К), що враховує тепловтрати за рахунок інфільтрації та вентиляції

$$k_{\text{инф}} = \frac{\chi_2 \cdot c \cdot n_{\text{об}} \cdot \nu_V \cdot V_h \cdot \gamma_3 \cdot \eta}{F_{\Sigma}}, \quad (2.12)$$

де $\chi_2 = 0,278$ – розмірний коефіцієнт;

c – питома теплоємність повітря, приймається рівною $1 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$;

$n_{\text{об}}$ – середня кратність повітрообміну будинку за опалювальний період, год^{-1}

$$n_{\text{об}} = \frac{3 \cdot F_{\text{фж}}}{\nu_V \cdot V_h} = \frac{3 \cdot 137,3}{0,66825} = 1,47,$$

де ν_V – коефіцієнт зниження об'єму повітря у будинку, яким враховується наявність внутрішніх огорожувальних конструкцій, приймається $\nu_V = 0,85$;

$F_{\text{фж}}$ – площа квартир будівлі, м^2 ;

V_h – опалювальний об'єм будівлі, визначається як об'єм, обмежений внутрішніми поверхнями зовнішніх огорожувальних конструкцій, м^3

$$V_h = 8 \cdot 21 \cdot 2,75 \cdot 5 = 2310,$$

де γ_3 – середня густина повітря, що надходить до приміщення за рахунок інфільтрації та вентиляції, $\text{кг}/\text{м}^3$

$$\gamma_3 = \frac{353}{[273 + 0,5 \cdot (t_{\text{в}} + t_{\text{опз}})]} = \frac{353}{[273 + 0,5 \cdot (18 + 0,7)]} = 1,25, \quad (2.13)$$

де $t_{\text{в}}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря основної частини приміщень, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{опз}}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, $^{\circ}\text{C}$ [19];

η – коефіцієнт впливу зустрічного теплового потоку в огорожувальних конструкціях, приймається за найбільшим значенням, єдиним для будинку і становить $\eta = 0,7$.

$$k_{\text{інф}} = \frac{0,278 \cdot 1 \cdot 1,28 \cdot 0,85 \cdot 2310 \cdot 1,25 \cdot 0,7}{130,93} = 4,559.$$

Загальний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, Вт/(м²·К)

$$K = k_{\Sigma \text{пр}} + k_{\text{інф}} = 0,99 + 4,559 = 5,549. \quad (2.14)$$

де $k_{\Sigma \text{пр}}$ – приведений коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій будинку, Вт/(м²·К);

$k_{\text{інф}}$ – умовний коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій будинку, Вт/(м²·К).

Коефіцієнт скління фасадів будинку

$$m_{\text{ск}} = \frac{F_{\text{сп}}}{F_{\text{нп}} + F_{\text{д}} + F_{\text{сп}}} = \frac{3,64}{64,29 + 3 + 3,64} = 0,05. \quad (2.15)$$

Показник компактності будинку $\Lambda_{\text{к.буд}}$, м⁻¹

$$\Lambda_{\text{к.буд}} = \frac{F_{\Sigma}}{V_{\text{н}}} = \frac{130,93}{2310} = 0,057. \quad (2.16)$$

Розрахункові витрати теплової енергії $Q_{\text{рік}}$, кВт·год

$$Q_{\text{рік}} = [Q_k - (Q_{\text{вн п}} + Q_s) \cdot v] \cdot \beta_h, \quad (2.17)$$

де Q_k - загальні тепловтрати будинку через огорожувальну оболонку, кВт·год;

$Q_{\text{вн п}}$ – побутові теплонадходження протягом опалювального періоду, кВт·год;

Q_s - теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду, кВт·год;

v - коефіцієнт, що враховує здатність огорожувальних конструкцій будинків акумулювати або віддавати тепло при періодичному тепловому режимі, для будинку, що розглядається, $v = 0,8$;

β_h - коефіцієнт, що враховує додаткове теплоспоживання системи опалення, пов'язане з дискретністю номінального теплового потоку номенклатурного ряду опалювальних приладів додатковими тепловтратами через зарядаторні ділянки огорожень, тепловтратами трубопроводів, що проходять через неопалювані приміщення; для багатосекційних та інших протяжних будинків $\beta_h = 0,7$.

Загальні тепловтрати будинку через огорожувальну оболонку за опалювальний період Q_k , кВт·год

$$Q_k = \chi_1 \cdot K_{\text{буд}} \cdot D_d \cdot F_{\Sigma} = 0,024 \cdot 5,549 \cdot 3252,4 \cdot 130,93 = 56711,2,$$

де $\chi_1 = 0,024$ – розмірний коефіцієнт;

D_d - кількість градусо-днів опалювального періоду.

Побутові теплонадходження протягом опалювального періоду $Q_{\text{вн п}}$, кВт·год

$$Q_{\text{вн п}} = \chi_1 \cdot q_{\text{вн п}} \cdot z_{\text{оп}} \cdot F_f, \quad (2.18)$$

де $q_{\text{вн.п}}$ – величина побутових теплонадходжень на 1 м^2 площі будівлі;
для будинків $q_{\text{вн.п}} = 10 \text{ Вт/м}^2$;

$F_{f_{жс}}$ – площа квартир житлового будинку, визначається як сума площ усіх приміщень квартир будинку, м^2 ;

$$Q_{\text{вн.п}} = 0,024 \cdot 10 \cdot 188 \cdot 137,3 = 6194,9.$$

Теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду Q_s , кВт·год, для чотирьох фасадів будинків, орієнтованих за чотирма напрямками сторін світу

$$Q_s = \zeta_{\text{в}} \cdot \varepsilon_{\text{в}} \cdot (F_{\text{ПнЗ}} \cdot I_{\text{ПнЗ}} + F_{\text{ПнС}} \cdot I_{\text{ПнС}} + F_{\text{ПдС}} \cdot I_{\text{ПдС}} + F_{\text{ПдЗ}} \cdot I_{\text{ПдЗ}}) + \zeta_{\text{зл}} \cdot \varepsilon_{\text{зл}} \cdot F_{\text{сп.л}} \cdot I_{\text{Г}},$$

де $\zeta_{\text{в}}$, $\zeta_{\text{зл}}$ - коефіцієнти, що враховують затінення світлового прорізу відповідно вікон і Zenітних ліхтарів непрозорими елементами заповнення;

$\varepsilon_{\text{в}}$, $\varepsilon_{\text{зл}}$ – коефіцієнти відносного проникання сонячної радіації відповідно для світлопрозорих заповнень вікон і Zenітних ліхтарів;

$F_{\text{Пвд}}$, $F_{\text{Пвн}}$, $F_{\text{Сх}}$, $F_{\text{Зх}}$ - площа світлових прорізів фасадів, відповідно орієнтованих за чотирма напрямками світу, м^2 , приймається $F_{\text{Пвд}} = 185 \text{ м}^2$;

$$F_{\text{Пвн}} = 0 \text{ м}^2, F_{\text{Сх}} = 185 \text{ м}^2; F_{\text{Зх}} = 0 \text{ м}^2;$$

$I_{\text{Пвд}}$, $I_{\text{Пвн}}$, $I_{\text{Сх}}$, $I_{\text{Зх}}$ - середня величина сонячної радіації за опалювальний період, спрямована на вертикальну поверхню за умов хмарності, відповідно орієнтовану за чотирма фасадами будинку, кВт·год/ м^2 , приймається для умов міста Дніпропетровськ. $I_{\text{Пвд}} = 419 \text{ кВт·год/м}^2$, $I_{\text{Пвн}} = 0 \text{ кВт·год/м}^2$, $I_{\text{Сх}} = 81 \text{ кВт·год/м}^2$, $I_{\text{Зх}} = 99 \text{ кВт·год/м}^2$;

$I_{\text{Г}} = 310 \text{ кВт·год/м}^2$ – середня величина сонячної радіації за опалювальний період, спрямована на горизонтальну поверхню за умов хмарності [23].

Для подвійного скління з 4M_1 скла в спарених плетіннях: $\zeta_{\text{в}} = 0,75$,

$$\varepsilon_B = 0,62 [5].$$

$$Q_s = 0,75 \cdot 0,62 \cdot (185 \cdot 419 + 0 \cdot 0 + 185 \cdot 81 + 0 \cdot 99) = 43058,5.$$

Розрахункові витрати теплової енергії $Q_{\text{рік}}$, кВт·год

$$\begin{aligned} Q_{\text{рік}} &= [Q_k - (Q_{\text{вн п}} + Q_s) \cdot v] \cdot \beta_n = \\ &= [56711,2 - (6194,96 + 43058,5) \cdot 0,8] \cdot 0,7 = 29129,3. \end{aligned}$$

Розрахункове значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період $q_{\text{буд}}$, (кВт·год)/м²

$$q_{\text{буд}} = \frac{Q_{\text{рік}}}{F_h} = \frac{29129,3}{120,6} = 107,2,$$

де F_h – опалювальна площа будівлі, що визначається як площа поверхів, яка вимірюється у межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін, що включає площу, яку займають перегородки і внутрішні стіни, м².

Клас енергетичної ефективності будинку визначається на підставі аналізу виразу, %

$$\left[\frac{q_{\text{буд}} - EP_{\text{max}}}{EP_{\text{max}}} \right] \cdot 100,$$

де EP_{max} – максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період кВт·год/м², що встановлюється

згідно з ДБН [9] залежно від призначення будинку, його поверховості та температурної зони експлуатації; для даного будинку $E_{\max} = 75 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$.

$$\left[\frac{q_{\text{буд}} - EP_{\max}}{EP_{\max}} \right] \cdot 100 = \left[\frac{107,2 - 75}{75} \right] \cdot 100 = 42,9.$$

Класи енергоефективності визначається відповідно до даних, наведених у таблиці 2.2 [23].

Таблиця 2.2 – Класифікація будинків за енергетичною ефективністю

Класи енергетичної ефективності будинку за питомою енергопотребою	Різниця в % розрахункового або фактичного значення питомої енергопотребі $q_{\text{буд}}$ від максимально допустимого значення EP_{\max}
A	Мінус 50 та менше
B	Від мінус 49 до мінус 10
C	Від мінус 9 до 0
D	Від 1 до 25
E	Від 26 до 50
F	Від 51 до 75
G	76 та більше

Існуючі будівля відносяться до класу енергетичної ефективності «E» [17].

2.7 Розрахунок повітряного обміну та теплової потужності системи опалення

Розрахунок обсягу поставок повітря визначається з умови розчинення вуглекислоти в допустиму концентрацію і гранично допустимої концентрації і максимально допустимий вміст водяної пари. У цьому випадку, видалення інших небезпек (аміак, сірководень і т. д.), виділені в кімнаті в менших кількостях [24].

Повітря, необхідне для зниження концентрації двоокису вуглецю розраховується за формулою, м³/год

$$L_{CO_2} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i n_i}{c_1 - c_2}, \quad (2.19)$$

де c_i – кількість діоксиду вуглецю, що випускається однією твариною або птахом цього виду, л/год

n_i - кількість тварин цього типу в приміщеннях;

k – кількість видів тварин;

c_1 - максимально допустима концентрація CO₂ в приміщенні повітря, л/м³;

c_2 - концентрація CO₂ у відкритому повітрі ($c_2 = 0,3 \dots 0,4$ л/м³).

Подача повітря, необхідного для розчинення водяної пари визначається формулою, м³/год

$$L_W = \frac{W}{d_{\text{в}} \rho_{\text{в}} \varphi_{\text{в}} - d_{\text{н}} \rho_{\text{н}} \varphi_{\text{н}}}, \quad (2.20)$$

де $\rho_{\text{в}}, \rho_{\text{н}}$ – відповідно, щільність внутрішнього і зовнішнього повітря при відповідній температурі;

$\varphi_{\text{в}}, \varphi_{\text{н}}$ – відносно, вологість внутрішнього і зовнішнього повітря, відповідно;

$d_{\text{в}}, d_{\text{н}}$ – вологість повітря в приміщеннях і за межами повітря, г/кг.

Щільність повітря визначається з наступної залежності, $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^3}{\text{г} \cdot \text{К}}$:

$$\rho = \frac{346}{273 + t} \cdot \frac{p}{99,3}, \quad (2.21)$$

де p – розрахунковий барометричний тиск в області, кПа.

Загальна вологість W , г/год, у приміщенні для утримання тварин визначається по формулі

$$W = W_{\text{ж}} + W_{\text{исп}}, \quad (2.22)$$

де $W_{\text{ж}}$ – вологість від тварин, г/год;

$W_{\text{исп}}$ – волога з вологих поверхонь, г/год.

Вологість від тварин визначається формулою, г/год

$$W_{\text{ж}} = n \cdot w \cdot k_t, \quad (2.23)$$

де w – виділення водяної пари до одного тварини, г/год.

k_t – коефіцієнт, беручи до уваги зміну кількості водяної пари, виділених для тварин в залежності від температури повітря всередині приміщення.

$$W_{\text{ж}} = 265 \cdot 6 \cdot 1,35 = 2146,5.$$

Вологість з вологих поверхонь в кімнаті, г/год

$$W_{\text{исп}} = \xi \cdot W_{\text{ж}}, \quad (2.24)$$

де ξ – коефіцієнт, для коровників рівний 0,1...0,25.

$$W_{\text{исп}} = 0,2 \cdot 2146,5 = 429,3. \quad (2.25)$$

Загальне вологовиділення дорівнює, г/год

$$W = 2146,5 + 429,6 = 2575,8. \quad (2.26)$$

Подачу повітря, необхідного для розчинення водяної пари дорівнює, м³/год

$$L_w = \frac{2575,8}{9,5 \cdot 1,189 \cdot 0,7 - 0,8 \cdot 1,378 \cdot 0,85} = 369,56. \quad (2.27)$$

Необхідно повітряний обмін L приймається найбільшою з двох значень: L_w і L_{CO_2} . В нашому випадку врегулювання повітряного обміну дорівнює, $m^3/год$

$$L = L_w = 369,56. \quad (2.28)$$

Кратність повітрообміну дорівнює

$$k = \frac{L}{V}, \quad (2.29)$$

де V – об'єм приміщення, $V = 8800 m^3$.

$$k = \frac{369,56}{8800} = 0,042. \quad (2.30)$$

У тваринницьких приміщеннях необхідно забезпечувати повітряне опалення в поєднанні з вентиляцією. Теплова потужність системи повітряного опалення визначається на основі рівняння теплового балансу, складеною для холодного періоду року

$$\Phi_{от} = \Phi_{гран} + \Phi_v + \Phi_{випар} - \Phi_{ж}. \quad (2.31)$$

Потік теплоти $\Phi_{гран}$, через зовнішні огорожі визначаються за формулою,
Вт

$$\Phi_{гран} = q_{OT} \cdot V_{II} \cdot (t_B - t_3), \quad (2.32)$$

де q_{OT} – специфічна характеристика тепловтрат в приміщенні

$$q_{OT} = 1 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{С}.$$

$$\Phi_{\text{гран}} = 0,407 \cdot 8800 \cdot (18 - (-22)) = 143264.$$

Тепловий потік Φ_B , для теплопостачання повітря, визначаємо за формулою, Вт

$$\Phi_B = 0,278 \cdot L \cdot \rho \cdot C_p \cdot (t_B - t_H) \quad (2.33)$$

де ρ – щільність повітря при t_B , $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^3}{\text{г} \cdot \text{К}}$

C_p – питома теплоємність повітря, $C_p = 1 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$.

$$\Phi_B = 0,278 \cdot 369,56 \cdot 1,223 \cdot 1 \cdot (18 - (-22)) = 5067,095.$$

Витрата тепла $\Phi_{\text{вип}}$, споживаного за рахунок випаровування вологи з вологих поверхонь приміщення, визначається формулою, Вт

$$\Phi_{\text{вип}} = 0,278 \cdot 2,49 \cdot W_{\text{вип}}, \quad (2.34)$$

де 2,49 – прихована теплота випаровування води, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$;

$W_{\text{вип}}$ – маса вологи, яка випаровується з годівниці, фідерні і напольні, г.

$$\Phi_{\text{вип}} = 0,278 \cdot 2,49 \cdot 429,3 = 297,17.$$

Потік теплоти $\Phi_{\text{ж}}$ виділяємих тваринами, Вт

$$\Phi_{\text{ж}} = n \cdot q \cdot k_t, \quad (2.35)$$

де q – потік вільного тепла, що випромінюється однією твариною,

$$q = 263 \text{ Вт};$$

n – кількість тварин;

k_t – коефіцієнт корекції в залежності від температури приміщення, $k_t = 0,75$.

$$\Phi_{\text{ж}} = 6 \cdot 263 \cdot 0,75 = 1183,5.$$

Отже, $\Phi_{\text{от}} = 143264 + 5067,095 + 297,17 - 1183,5 = 147444,76$.

2.8 Визначення річного споживання палива для тепlopостачання корівника.

2.8.1 Споживання тепла для гарячого водопостачання приміщення тваринництва.

Середня теплова потужність системи гарячого водопостачання визначається щоденним нормам споживання гарячої води, Вт

$$\Phi_{\text{ГВ}} = \frac{c_{\text{в}} \cdot q_{\text{ГВ}} \cdot n \cdot (t_{\text{ГВ}} - t_{\text{ХВ}})}{24 \cdot 3600}, \quad (2.36)$$

де $c_{\text{в}}$ – теплоємність води, $c_{\text{в}} = 4,19$ кДж/(кг·°С), [25];

$q_{\text{ГВ}}$ – середньодобова норма споживання гарячої води тваринами, кг/добу;

n – число тварин данної групи;

$t_{\text{ГВ}}$ – температура гарячої води, $t_{\text{ГВ}} = 60$ °С;

$t_{\text{ХВ}}$ – температура холодної води, $t_{\text{ХВ}} = 5$ °С.

Отже,

$$\Phi_{\text{ГВ}} = \frac{4,19 \cdot 5 \cdot 6 (60-5)}{24 \cdot 3600} = 0,08 \quad (2.37)$$

2.8.2 Щорічне споживання тепла для створення мікроклімату в тваринному приміщенні

Для визначення попиту на теплову енергію за місяць року ми будемо будувати річний графік споживання теплової енергії. Графік структуровано таким чином (див. Додаток А):

1. Тепловий потік, який втрачається через огорожі, є прямим порціоналізованою температурою зовнішнього повітря, звідси залежність

$\Phi_{\text{ОГР}} = f(t_{\text{В}})$ буде представлена пряма лінія побудована на двох точках:

$$1) \Phi = 0, t = t_{\text{В}} = 15 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$2) \Phi = \Phi_{\text{ОГР}} = 143264 \text{ Вт}, t = -22 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

2. Графік залежності теплового потоку, що відбувається при нагріванні подачі повітря від температури зовнішнього повітря нижче розраховується температура вентиляції йде паралельно осі абсцесу через те, що, коли температура зовнішнього повітря знижується. Змішування розігрітого повітря до поставу. На діаграмі з трьох точок побудовано:

$$1) \Phi = \Phi_{\text{В}} = 5067,095 \text{ Вт}; t = t_{\text{ХС}} = -30 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$2) \Phi = \Phi_{\text{В}} = 5067,095 \text{ Вт}; t = t_{\text{НВ}} = -8 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$3) \Phi = 0; t = t_{\text{В}} = 10 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

де $t_{\text{ХС}}$ – середня температура найхолоднішого дня, $^{\circ}\text{C}$.

3. Теплопотік, витрачений на випаровування вологи з вологих поверхонь приміщення, не залежить від температури зовнішнього повітря, отже, приймається $\Phi_{\text{вип}} = \text{const}$

4. Потік тепла, що випускається тваринами, також не залежить від температури зовнішнього повітря, $\Phi_{\text{Ж}} = \text{const}$. Він проходить нижче осі абсцис через те, що цей тепловий потік входить в кімнату.

5. Загальний потік тепла на опалення приміщення, Вт

$$\sum \Phi = \Phi_{\text{огр}} + \Phi_{\text{в}} + \Phi_{\text{вип}} - \Phi_{\text{ж}} \quad (2.38)$$

За графіком теплова потужність системи опалення визначається на кожен місяць залежно від середньомісячної температури (див. додаток А).

Загальна кількість тепла визначається за формулою, Вт

$$\sum \Phi = \Phi_{\text{огр}} + \Phi_{\text{ГВ}}, \quad (2.39)$$

Щомісячне споживання тепла для створення мікроклімату в тваринному приміщенні, кВт·год

$$Q_{\text{ом}}^{\text{М}} = \sum \Phi \cdot t_{\text{міс}}, \quad (2.40)$$

$t_{\text{міс}}$ – кількість годин в данному місяці, $t_{\text{міс}} = 720$ годин.

Споживання біогазу $q_{\text{бг}}^{\text{М}}$ для створення мікроклімату в тваринній кімнаті, м³

$$q_{\text{бг}}^{\text{М}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{огр}}^{\text{М}}}{\eta_{\text{вп}} \cdot q_{\text{бр}}}, \quad (2.41)$$

де $Q_{\text{ом}}$ – споживання тепла для створення мікроклімату, кВт·год

$\eta_{\text{вп}}$ – ККД повітропідігрівач на біогазі, $\eta_{\text{вп}} = 0,8 \dots 0,9$;

$q_{\text{бг}}$ – теплотворна витривалість біогазу, $q_{\text{бг}} = (20 \dots 25)$ МДж/м³;

Знаходимо річну потребу в біогазі $q_{\text{бг}}^{\text{рік}} = \sum q_{\text{бг}}^{\text{М}}$.

Результати розрахунків будуть представлені в таблиці 2.3.

Аналогічно виконуємо розрахунки для інших видів тварин (див. табл. 2.4, табл.2.5, табл. 2.6, табл.2.7).

Таблиця 2.3 – Обсяг споживаного біогазу по місяцям року для рогатої худоби (корів)

місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Всього
$t_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$	-0,4	1,7	7,6	16,10	22,80	27,00	29,80	30,60	23,30	14,20	7,70	2,3	
$\Phi_{\text{от}}, \text{кВт}$	77362	77362,5	84883,9	0	0	0	0	0	0	0	106373,5	87032,88	
$\Sigma\Phi, \text{кВт}$	79212	9886870	108878,6	3940,07	4788,8	5320,8	5675,5	5776,9	4852,1	3699,4	109249,5	89224,81	
$Q_{\text{ом}}^{\text{М}}, \text{кВт}\cdot\text{го}$	589340	6,64E+9	81005737	2836856	3562882	3831019	422261	429801	349355	2752353	78659	66383258	
$q_{\text{БГ}}^{\text{М}}, \text{М}^3$	942945	1,06E+0 9	1296099	453896	570061	612963	675618	687682	558968	440376	12585544	10621321	1112633161

Таблиця 2.4 – Обсяг споживаного біогазу по місяцям року для рогатої худоби (биків)

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Всього
$t_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$	-0,4	1,7	7,6	16,10	22,80	27,00	29,80	30,60	23,30	14,20	7,70	2,3	1Е+09
$\Phi_{\text{об}}, \text{кВт}$	77362	77362,56	84883,92	0	0	0	0	0	0	0	106373	87032,88	
$\Sigma\Phi, \text{кВт}$	79829	13154199	109833,1	5253,4	6385,08 8	7094,48	7567,4	7702,5	6469,54	4932,52	110208	89955,45	
$Q_{\text{ом}}^{\text{М}}, \text{кВт год}$	5,9Е+07	883962232	81715841	3782475	4750506	510802	563015	573068	465806	3669796	79349883	66926857	
$q_{\text{бг}}^{\text{М}}, \text{м}^3$	950285	141433957	13074534	605196	760080	817284	900824	916909	74529	58716	12695981	10708297	

Таблиця 2.5 – Обсяг споживаного біогазу по місяцям року для рогатої худоби (ремонтного молодняка)

місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Всього го
$t_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$	-0,4	1,7	7,6	16,10	22,80	27,00	29,80	30,60	23,30	14,20	7,70	2,3	2,126E+10
$\Phi_{\text{от}}, \text{кВт}$	77362,5	77362,56	84883,92	0	0	0	0	0	0	0	106373,5	87032,8	
$\Sigma\Phi, \text{кВт}$	132113	196142375	181034,2	96554,06	113528	124169	131263	133290	114795,6	91740,3	181645,7	148624	
$Q_{\text{ом}}^{\text{М}}, \text{кВт}\cdot\text{го}$	982921	1,318E+11	13468949	69518926,	8446545	8940220	9766016	9916813	8265283	6825480	13078496	1,1E+08	
$q_{\text{бг}}^{\text{М}}, \text{м}^3$	157267	210892282	21550319	11123028,	1351447	1430435	1562562	1586690	1322445	1092076	20925594	1769219	

Таблиця 2.6 – Обсяг споживаного біогазу по місяцям року для курей

місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Всього
$t_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$	-0,4	1,7	7,6	16,10	22,80	27,00	29,80	30,60	23,30	14,20	7,70	2,3	2,12E+10
$\Phi_{\text{от}}, \text{кВт}$	77362,5	77362,56	84883	0	0	0	0	0	0	0	106373	87032,88	
$\Sigma\Phi, \text{кВт}$	114360	19612462	163282	78801	95776	106417	113511	115538	97043,1	73987,8	163893,2	130871,4	
$Q_{\text{ом}}^{\text{м}}, \text{кВт}\cdot\text{го}$	8508427	1,318E+11	1E+08	5E+07	7125759	7662040	8445230	8596027	6987103	5504694	11800316	9736838	
$q_{\text{о}_2}^{\text{м}}, \text{м}^3$	1361348	2,108E+10	1E+07	907794	1140121	1225926	1351236	1375364	1117936	8807511	18880506	1557894	

Таблиця 2.7 – Обсяг споживаного біогазу по місяцям року для селезней.

місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Всього го
$t_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$	-0,4	1,7	7,6	16,10	22,80	27,00	29,80	30,60	23,30	14,20	7,70	2,3	5348883192
$\Phi_{\text{от}}, \text{кВт}$	77362,5	77362,5	84883,9	0	0	0	0	0	0	0	106373	87032,8	
$\Sigma\Phi, \text{кВт}$	86612	4909481	120332	19700	23944	26604,3	28377	28884,5	24260	18497	120753	97992,5	
$Q_{\text{ом}}^{\text{М}}, \text{кВт}\cdot\text{го}$	6443937	3,3E+10	8952698	1418428	1781439	1915510	2111307	2149006	1E+07	1E+07	8694249	7290644	
$q_{\text{бг}}^{\text{М}}, \text{м}^3$	1031030	5,2E+09	1432431	2269485	2850303	3064816	3378092	3438411	279484	220187	1391079	1166503	

2.9 Розрахунок параметрів біогазової установки

2.9.1 Вибір технологічної схеми

Сучасний рівень розвитку анаеробного бродіння стоків гною дозволяє покрити (30...35) % потреб тваринницьких господарств у теплову енергію з біогазом. У сучасних біогазових установках завдяки нагріванні вбудованих джерел тепла, надійної ізоляції метану і безперервного живлення свіжого субстрату забезпечує постійну температуру при ферментованих. Він забезпечує механічне змішування підкладки для активізації бродіння і витоку біогазу.

Більшість біогазових установок ґрунтується на принципі дії, тобто сировина, яка діє в них негайно витісняє витрачені. Свіжа частина манери надходить в незамінну частину (2-10 разів на день), а вибір біогазу і видалення мулу виробляється в міру необхідності. Біогазові установки складаються з таких елементів, як прийомна ємність, камери ферментації (метантенк, реактор), нагрівальний прилад (теплообмінник), пристрій змішування, газгольдер і газовий обігрівач.

Сировина з бункерного бункера доставляється в метантенк, де вона розмірнула, в результаті чого біогаз надходить через затвор води в газгольдер. Частина біогазу направляється в котел для підтримки необхідної температури в метантенку. Біомасу перемішують міксером, що рухає електродвигуном двигуном. Сировина з метантенка доставляється в хранилище біодобрива [24].

2.9.2. Розрахунок структурно-технологічних параметрів

Визначення щоденного споживання біомаси $m_{БМ}$ по формулі, кг/доб

$$m_{БМ} = \sum N_{жj} m_{удj}, \quad (2.42)$$

де $N_{ж}$ – кількість тварин j-го виду, гол;

$m_{удj}$ – щоденний випуск екскрементів від j -го тварин, кг/гол.

$$m_{БМ} = 35 \cdot 6 = 210.$$

Визначається частка сухої речовини в біомасі $m_{СВ}$, кг/доб

$$m_{СВ} = m_{БМ} \cdot \left(1 - \frac{\varphi_{БМ}}{100}\right), \quad (2.43)$$

де $\varphi_{БМ}$ – вологість біомаси, %.

$$m_{СВ} = 210 \cdot \left(1 - \frac{90}{100}\right) = 21.$$

Визначити частку сухої органічної речовини $m_{СОР}$ по формулі

$$m_{СОР} = m_{СВ} \cdot \rho_{СОР}, \quad (2.44)$$

де $\rho_{СОР}$ – частка органічної речовини в сухій речовині, у.е, кг/доб

$$m_{СОР} = 21 \cdot 0,8 = 16,8.$$

Визначити об'єм метантанка $V_{МТ}$ по формулі, м³

$$V_{МТ} = \frac{(0,7...0,9)m_{БМ}t_{Б}}{\rho_{БМ}}, \quad (2.45)$$

де $t_{Б}$ – тривалість бродіння, доба;

$\rho_{БМ}$ – щільність біомаси, кг/м³.

$$V_{МТ} = \frac{0,8 \cdot 210 \cdot 25}{1020} = 4,12.$$

Визначити вихід біогазу $V_{ПОВ}$, м³, з повним розкладом сухої органічної речовини

$$V_{\text{ПОВ}} = m_{\text{СОР}} \cdot n_{\text{ЕК}}, \quad (2.46)$$

де $n_{\text{ЕК}}$ – вихід біогазу на 1 кг СОР, для коровників, курників $n_{\text{ЕК}} = 0,415$ м³/кг

$$V_{\text{ПОВ}} = 16,8 \cdot 0,34 = 5,712.$$

Визначити кількість отриманого біогазу V_6 , м³, при вибраній тривалості метанового бродіння:

$$V_6 = V_{\text{ПОВ}} \frac{n_t}{100}, \quad (2.47)$$

де n_t – доля виходу біогазу при данній тривалості бродіння, $n_t = 50$ %.

$$V_6 = 5,712 \cdot \frac{50}{100} = 2,856.$$

Щомісячне виробництво біогазу дорівнює, м³

$$V_{\text{БГ}}^{\text{М}} = 30 \cdot V_6 = 30 \cdot 2,856 = 85,68. \quad (2.48)$$

Щорічне виробництво біогазу дорівнює, м³

$$V_{\text{БГ}}^{\text{рік}} = 365 \cdot V_{\text{БГ}}^{\text{М}} = 365 \cdot 85,68 = 31273,2. \quad (2.49)$$

Визначимо розміри метантанка. Як правило, метантанки мають циліндричну форму, коефіцієнт висоти його внутрішнього діаметра приймається рівним $h/d = 0,9 \dots 1,3$. Приймаємо $h/d = 1$.

Так як $V_{MT} = \frac{\pi d_g^2}{4} \cdot h = \frac{\pi d_g^2}{4} \cdot d_g$, то, м

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{4 V_{MT}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 4,12}{3,14}} = 1,75. \quad (2.50)$$

2.10 Визначення середньомісячної суми виробництва біогазу

Кількість теплоти, $Q_{ПОТ}$, МДж, потрібного тепла для завантажувальної маси для ферментації температури:

$$Q_{ПОТ} = m_{БМ} \cdot c_{БМ} (t_{ПР} - t_{ЗАГР}) 10^{-3}, \quad (2.51)$$

де $c_{БМ}$ – середня теплоємність біомаси, $c_{БМ} = 4,18$ кДж/(кг·°C);

$t_{ПР}$ – температура процесу бродіння, °C;

$t_{ЗАГР}$ – температура загруженої біомаси, °C. Приймається рівною середньомісячній температурі оточуючого повітря, якщо менше 5 °C, то приймається 5 °C.

Середньомісячна кількість тепла буде визначатися з виразу, МДж·°C

$$Q_{ПОТ}^M = Q_{ПОТ} t_{ДБ.М}, \quad (2.52)$$

де $t_{ДБ.М}$ – кількість днів в місяці, $t_{ДБ.М} = 30$ діб.

Кількість теплоти $Q_{ПОТ}$, МДж, втрачені в процесі відновлення тепла через стіну метантенка в навколишнє середовище

$$Q_{ПОТ} = kF(t_{ПР} - t_{СР}), \quad (2.53)$$

де k – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м²·°C);

F – площа поверхності метантенка, м²;

t_{CP} – середня місячна температура повітря, $^{\circ}\text{C}$.

Коефіцієнт тепловіддачі k , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$, визначається по формулі

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (2.54)$$

де $1/\alpha_1$ – опір теплосприйняття, $1/\alpha_1 = 0,05 (\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$;

$1/\alpha_2$ – опір тепловіддачі, $1/\alpha_2 = 0,05 (\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$;

δ_i – товщина i -го слоя елемента огороження, м;

λ_i – коефіцієнт теплопроводности i -го слою елемента огороження, $\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

Площа поверхні метантанка визначатимуться з виразу, м^2

$$F = S_{\text{БОК}} + 2 \cdot S_{\text{ОСН}}, \quad (2.55)$$

де $S_{\text{БОК}}$ – площа бокової поверхності метантанка, м^2 ;

$S_{\text{ОСН}}$ – площа основи метантанка, м^2 .

$$S_{\text{ОСН}} = \frac{\pi d_g^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,75^2}{4} = 2,4. \quad (2.56)$$

$$S_{\text{БОК}} = \pi \cdot d_B \cdot h = \pi \cdot d_B^2 = 3,14 \cdot 1,75^2 = 9,6. \quad (2.57)$$

$$F = 9,6 + 2 \cdot 2,4 = 14,4.$$

Приймаємо бетонний метантанк товщиною 0,3 м, теплоізоляція виконана в виді шлакобетона (0,1 м) і земляного вала (0,1 м).

Тоді коефіцієнт тепловіддачі буде рівни, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$

$$K = \frac{1}{0,05 + \frac{0,3}{1,83} + \frac{0,1}{0,06} + \frac{0,1}{1,75} + 0,05} = 0,42.$$

Перерахувати кількість тепла, втраченого в навколишнє середовище,
МДж/міс

$$Q_{\text{ПОТ}}^M = 3,6 \cdot 10^{-3} Q_{\text{ПОТ}} \cdot t_{\text{ГМ}}, \quad (2.58)$$

де $t_{\text{ГМ}}$ – кількість годин в місяці, $t_{\text{ГМ}} = 720$ годин.

Загальні витрати електроенергії для механічного змішування субстрату в метантенку $Q_{\text{МЕХ}}$ визначається по формулі, кВт·год

$$Q_{\text{МЕХ}} = q_{\text{НОРМ}} \cdot V_{\text{МТ}} \cdot z, \quad (2.59)$$

де $q_{\text{НОРМ}}$ – нормоване навантаження на мішалку, $q_{\text{НОРМ}} = 50 \frac{\text{Вт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3}$;

$V_{\text{МТ}}$ – об'єм метантенка, м^3 ;

z – тривалість роботи мішалки, $z = 8$ годин за добу.

$$Q_{\text{МЕХ}} = q_{\text{НОРМ}} \cdot V_{\text{МТ}} \cdot z = 50 \cdot 4,12 \cdot 8 = 1647,06.$$

Переклад отриманих значень в МДж/міс

$$\begin{aligned} Q_{\text{МЕХ}}^M &= 3,6 \cdot Q_{\text{МЕХ}} \cdot t_{\text{ДОБ М}} = \\ &= 3,6 \cdot 1647,06 \cdot 30 = 177882,35. \end{aligned} \quad (2.60)$$

Сумарні витрати енергії для підтримання процесу на місяць, МДж/міс

$$Q_{\text{ЗАГ}} = Q_{\text{ПОД}}^M + Q_{\text{ПОТ}}^M + Q_{\text{МЕХ}}^M. \quad (2.61)$$

Обсяг біогазу, необхідного для підтримки процесу, $\text{м}^3/\text{міс}$

$$V_{\text{БГЗ}}^M = Q_{\text{ЗАГ}} / q_{\text{БГ}}, \quad (2.62)$$

Товарна сума біогазу $V_{\text{БГ ТОВ}}^{\text{М}}$, м³/міс, дорівнює

$$V_{\text{БГ ТОВ}}^{\text{М}} = V_{\text{БГ}}^{\text{М}} - V_{\text{БГ З}}^{\text{М}}, \quad (2.63)$$

Результати розрахунків підсумовуються в таблиці 2.8.

Аналогічно розрахунки заносимо в таблиці 2.9, 2.10, 2.11, 2.12.

Таблиця 2.8 – Кількість біогазу, що виробляється місяцями року рогатою худобою (корови)

місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Всього
$t_{загр} \text{ } ^\circ C$	5	5	7,6	16,10	22,80	27,00	29,80	30,60	23,30	14,20	7,7	5	8,680
$Q_{пот},$ МДж/міс	202,8	202,8	308,2	653,0	924,7	1095,1	1208,6	1241,1	945,048	575,9	312,	202,8	
$Q_{пот}^M,$ МДж/міс	543,17	490,613	825,6	1692,6	2476,	2838,5	3237,	3324,2	2449,5	1542,	809,51	543,17	
$Q_{заг},$ МДж/міс	178628,3	693,41	1133,8	2345,6	3401,6	3933,6	4446	4565,3	3394,6	2118,5	1121,8	745,97	
$V_{БГЗ}^M,$ м ³ /міс	5103,6	19,81	32,39	67,01	97,19	112,39	127,0	130,4	96,9	60,53	32,05	21,31	
$V_{БГТОВ}^M,$ м ³ /міс	80,3	93,0	91,47	94,3	11,51	-945,2	97,1	97,1	97,19	97,19	97,19	97,19	

Таблиця 2.12 – Кількість біогазу, що виробляється місяцями року курями

місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Всього
$t_{загр} \text{ } ^\circ\text{C}$	5	5	7,6	16,10	22,80	27,00	29,80	30,60	23,30	14,20	7,7	5	940,74
$Q_{под}, \text{ МДж/міс}$	202,8	202,8	308,25	653,016	924,768	1095,12	1208,68	1241,1	945,048	575,9	312,312	202,8	
$Q_{пот}^M, \text{ МДж/міс}$	543,1	490,6	825,63	1692,61	2476,8	2838,5	3237,35	3324,	2449,56	1542,62	809,51	543,1	
$Q_{общ}, \text{ МДж/міс}$	19957,2	693,41	1133,8	2345,63	3401,	3933,6	4446,0	4565,3	3394,6	2118,5	1121,8	745,9	
$V_{БГЗ}^M, \text{ м}^3/\text{міс}$	570,20	19,81	32,3	67,0	97,1	112,3	127,029	130,43	96,9	60,53091	32,052	21,31	
$V_{БГ\text{ ТОВ}}^M, \text{ м}^3/\text{міс}$	95,37	96,74	96,	96,62	80,31	-108,1	97,19	97,1	97,19	97,19	97,1	97,19	

2.11 Розрахунок теплофізичних характеристик ТН

Теплофізичні характеристики верхнього шару ґрунту сильно залежать від складу і стану ґрунту.. Загальний питомий відбір потужності від ґрунту складає від 10 до 35 Вт/м².

Питомий відбір потужності від ґрунту показан в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Питомий відбір потужності від ґрунту

Сухий піщаний ґрунт	$q = 10 \dots 15 \text{ Вт/м}^2$
Вологий піщаний ґрунт	$q = 15 \dots 20 \text{ Вт/м}^2$
Сухий глинистий ґрунт	$q = 20 \dots 25 \text{ Вт/м}^2$
Вологий глинистий ґрунт	$q = 25 \dots 30 \text{ Вт/м}^2$
Ґрунт з ґрунтовими водами	$q = 30 \dots 35 \text{ Вт/м}^2$

Необхідна площа ділянки ґрунту визначається залежно від холодопродуктивності Q_x теплового насоса, яка визначається з паспортних Даних теплового насоса, або як різниця теплопродуктивності Q_t насоса і його споживаної потужності N ,

$$Q_x = Q_t - N. \quad (2.64)$$

Тоді необхідна площа ґрунту, м²

$$F = \frac{Q_x}{q}. \quad (2.65)$$

Для обчислення теплового навантаження обираємо тепловий насос Vissmann Vitocal 200 BWP 110 теплопродуктивністю $Q_t = 9,7 \text{ Вт}$, холодопродуктивністю $Q_x = 7,5 \text{ Вт}$. Встановлення теплового насоса більшої продуктивності не доцільне, тому що при виборі теплового насоса необхідно враховувати і нерівномірність споживання. Обраний тепловий насос

споживає 2,2 Вт електричної енергії. Необхідна площа ділянки ґрунту складе, м²

$$F = \frac{75000}{25} = 3000.$$

Для великих земельних ділянок земляні зондовий комплекс є альтернативою земляному колектору (рис. 2.1) Іншим варіантом є дві подвійних U – подібних петлі полімерного трубопроводу в одній свердловині.

Рекомендована мінімальна відстань між двома ґрунтовими зондами:

- 5 м до 50 м глибини свердловини;
- 6 м до 100 м глибини свердловини.

В таблиці 2.14 наведено значення питомого відбору потужності подвійним U-подібним ґрунтовим зондом.

Таблиця 2.14– Питомий відбір теплової потужності подвійним зондом з поліетиленової труби Ø 32 мм

Загальні нормативні показники	Питомий відбір потужності, Вт/м
Поганий ґрунт (суха осадова порода) ($\lambda < 1,5 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$)	20
Нормальна тверда кам'яна порода і насичена водою осадова порода ($\lambda < 1,5\text{-}3 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$)	50
Тверда кам'яна порода з високою теплопровідністю ($\lambda < 3 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$)	70
Окремі породи	
Галька, пісок(сухий)	20
Галька, пісок (вологий)	55
Пісок (вологий)	65
Суглинок	30
Глина (волога)	40
Вапняк (масивний)	53
Піщаник	60
Кислі магматичні породи (граніт)	63
Основні магматичні породи (базальт)	45
Гнейс	65

Визначимо загальну довжину подвійних зондів, що потрібні для відбору тепла, м

$$L = \frac{Q_x}{q_z} = \frac{75000}{50} = 1500, \quad (2.66)$$

де q_z – питомий відбір потужності зондом.

Довжина зондів і колекторів не повина перевищувати 100 м. Тому остаточно приймаємо чотири подвійних ґрунтових зонди по 95 м. На рисунку зображено принципову схему подвійного ґрунтового зонда.

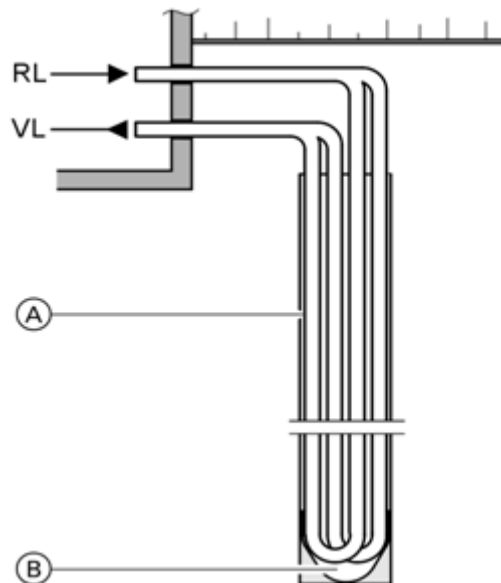


Рисунок 2.1 – Принципова схема подвійного ґрунтового зонда

де RL – зворотна магістраль контуру розсолу;

VL – подаюча магістраль контуру розсолу;

A – заповнювач шурфа;

B – захисний ковпачок.

Остаточо, для влаштування ґрунтового зонду знадобиться $85 \times 2 \times 2 \times 2 = 1360$ м поліетиленової труби.

Характеристики поліетиленової труби наведено в таблиці 2.19.

Властивості водневого розчину пропіленгліколю наведено в таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Характеристики поліетиленової труби, PN-10

Зовнішній діаметр × товщина стінки, мм	Номінальний діаметр, мм	Об'єм погонного метра труби, л	Площа зовнішньої бічної поверхні труби, м ²
20×2,0	15	0,201	0,0628
25×2,3	20	0,327	0,0785
32×3,0	25	0,531	0,100
40×2,3	32	0,984	0,126
40×3,7	32	0,835	0,126
50×2,9	40	1,595	0,157
50×4,6	40	1,308	0,157
63×5,8	50	2,070	0,197
63×3,6	50	2,445	0,197

Також будемо графік характеристики поліетиленової труби, PN-10 (рисунок 2.2, рисунок 2.3) знаходиться у Додатку А.

Визначимо, скільки поліетиленової труби $\varnothing 32$ знадобиться для влаштування ґрунтового колектора. Глибина закладання колектора повинна становити 1,3...1,7 м. Відстань між траншеями не менше 0,5...1 м. Питоме співвідношення f для труб складе:

- 1,5 м на 1 м² ґрунту для діаметра 32 мм;
- 2 м на 1 м² ґрунту для діаметра 25 мм;
- 3 м на 1 м² ґрунту для діаметра 20 мм.

Тоді загальна кількість труби для колектора складе, м

$$L = F \cdot f = 3000 \cdot 1,5 = 4500.$$

Приймаємо до встановлення п'ять трубних колекторів довжиною по 100 м. Об'єм системи при цьому складе $0,531 \cdot 500 = 266$ л. Додамо 10 % на об'єм розподільника і системи обв'язки, остаточно отримаємо об'єм системи 300 л. В ґрунтовий колектор обов'язково необхідно заливати незамерзаючі розчини на основі пропіленгліколю, тоді як більш дешевші розчини на основі етиленгліколю (тосол та інші) є ядовитими.

При виборі концентрації розчину необхідно ґрунтуватися на температурі кипіння фреону у випарнику. Зазвичай температура кипіння складає мінус 5 °С.

Прийнявши 30 % концентрацію розчину, отримуємо, що для приготування розчину для заповнення системи необхідно залити 210 л води і 90 л чистого пропіленгліколю.

Колектор складається з п'яти трубних контурів по 100 м і об'єднуючого трубопроводу, якій підведе теплоносій до теплового насосу. Обов'язковим є встановлення запірно-регулювальної арматури, манометра для контролю цілісності колектора, розширювального баку, спускних пристроїв повітря. Біля будинку необхідно влаштувати приямок для заповнення системи розчином і огляду колектора. Труби, що проходять від колектора до будинку, необхідно обов'язково утеплити. З приямку влаштувати дренаж дощових вод. Заповнювати колектор необхідно вже готовим розчином пропіленгліколю.

2.12 Розрахунок в онлайн калькуляторі сонячного колектора

Всі розрахунки були зроблені в онлайн калькуляторі [43].

Теплопотери

Ближайший населенный пункт:	Днепропетровск
Расчетная температура наружного воздуха, [°C]:	-24
Отапливаемая площадь, [м²]:	10.4
Удельные теплопотери, [Вт/м²]:	80 ?
Полные теплопотери, [кВт]:	0,8
Расчетная температура подающей магистрали, [°C]:	55 ?

Рисунок 2.2 - Начальні данні для розрахунку

Після отримали графік тепловтрат по кожному місяцю за рік (рисунок 2.4)



Рисунок 2.4 – Теплопостачання системи опалення

Потім розраховуємо тепловий насос для суміжної (каскадної) роботи (рисунок 2.5).

Тепловой насос

Назначение: Отопление (0,9 кВт)
 Горячее водоснабжение (10,6 кВт)

Температура подающей магистрали: 35°C
 45°C
 55°C

Тип:

Тепловой насос:

Тип:

Тепловой насос:

Рекомендуемое покрытие расчетного теплоснабжения:
 Моновалентный режим: ≥100% (избыток мощности, по возможности, минимальный)
 Бивалентный режим: 50% - 99%

Рекомендуемый объем теплоаккумулирующей емкости: 150 - 850 л

Рисунок 2.5 – Визначення ТН для каскадної робот из СК

Підбираємо ємкість водонагрівача для системи, яка показана на рисунку 2.6

Подобранные емкостные водонагреватели				
Название	V, л	N _с	л/10мин	л/ч
flexoCOMPACT exclusive VWF 88 /4	185	2,2	0	0
Всего:	185	2,2	0	0

Рисунок 2.6 – Ємкість водонагрівача

Наступний рисунок 2.7 показує вибір насосної групи, запорної арматури, розподільчий колектор, а також гідралічний роздільник.

Насосные группы

0020191814 - VDM 15 M Насосная группа для регулируемого контура отопления ▾ x 1

+

Гидравлический разделитель

306721 - Гидравлический разделитель WH95 (8,0 м.куб/час .) ▾ x 1

+

Распределительный коллектор

307556 - Распределительный коллектор для подключения 2-х контуров от ▾ x 1

+

Запорная арматура

009237 - 3-х ходовой смеситель VRM-3 1 1/4 " ▾ x 1

Рисунок 2.7 – Вибір насосної групи

Після всіх зроблених розрахунків потрібно вибрати автоматику для кращого регулювання системи (рисунок 2.8).

Автоматика

Регулятор 0020231561 - multiMATIC VRC700/4f ▾ x 1

+

Модули расширения

0020235465 - VR 32b Коммутационный модуль для соединения agoTHERM / eloE ▾ x 1

+

Рисунок 2.8 – Вибір автоматики

Схема сонячного колектора представлена в (див. Додаток А).

3 РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

3.1 Розрахунок показників енергоефективності біогазової електростанції

Розрахунок показників виконано відповідно [32] та представлено в таблиці 3.1.

Потенціальна енергія біогазу $Q_{\text{ВИР}}$, що виробляється за рік, визначається формулою, МДж

$$Q_{\text{ВИР}} = V_{\text{БГ}}^{\text{ГОД}} \cdot q_{\text{БГ}} = 1042,44 \cdot 35 = 36485,4. \quad (3.1)$$

Енергетичний ефект біогазової установки e_6 на рік дорівнює, МДж

$$\mathcal{E}_6 = V_{\text{БГ ТОВ}}^{\text{ГОД}} \cdot q_{\text{БГ}} = 8,68 \cdot 25 = 217. \quad (3.2)$$

Коефіцієнт конкурентоспроможності біогазової установки, %

$$K_{\text{ТОВ}} = \frac{\mathcal{E}_6}{Q_{\text{ВИР}}} \cdot 100 \% = \frac{217}{36485,4} = 60. \quad (3.3)$$

Річна економія умовного палива буде, т.у.т

$$B_{\text{УТ}} = \frac{\mathcal{E}_6}{29300} = \frac{217}{29300} = 0,0074. \quad (3.4)$$

Таблиця 3.1 – Показники енергоефективності біогазової установки для корівника на 6 голів

Об'єм (метантенка), $V_{\text{МТ}}, \text{м}^3$	4,12
Потужність біогазу, $\text{м}^3/\text{рік}$	
Загальна $V_{\text{БГ}}^{\text{РІК}}$	1042,44
товарна $V_{\text{БГ ТОВ}}^{\text{РІК}}$	8,68
Питомий річний вихід товарного біогазу. Конкретний щорічний вихід комерційного біогазу $\text{м}^3/\text{гол} \cdot \text{рік}$	20,65
Питомий добовий вихід товарного біогазу, Конкретний щоденний вихід комерційного біогазу $\text{м}^3/\text{гол} \cdot \text{доб}$	0.06
Економіка традиційного палива, т.у.т	0,0074

Схема представлена біогазової установки представлена у додатку А).

3.2 Розрахунок теплового насоса « повітря – вода»

Всі розрахунки представлено в вигляді таблиці (див. табл. 3.2) та рисунка (див. рис. 3.1), а також розраховано в онлайн калькуляторі [33].

Таблиця 3.2 – Розрахунок споживання необхідної кількості тепла

	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Усього за рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11	12	13
Середньомісячна температура, °C	-5.3	2.3	5.1	12.8	15.8	21.2	22.5	23.2	21.2	7.9	4.8	1.3	
Максимальна температура, °C	8	17	16	28	27	32	36	38	36	25	16	12	
Мінімальна температура, °C	-21	-8	-7	1	4	11	12	11	8	-5	-7	-12	
Необхідна кількість теплової енергії на опалення, кВт·год/міс	9858	5994	5193	2115	0	0	0	0	0	4078	5171	7190	

	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Усього за рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Необхідна кількість енергії на охолодження, кВт·год/міс	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
Необхідна кількість теплової енергії на ГВП, кВт·год/міс	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
Загальна необхідна кількість тепла, кВт·год/міс	9858	5994	5193	2115	0	0	0	0	0	4078	5171	7190	39599

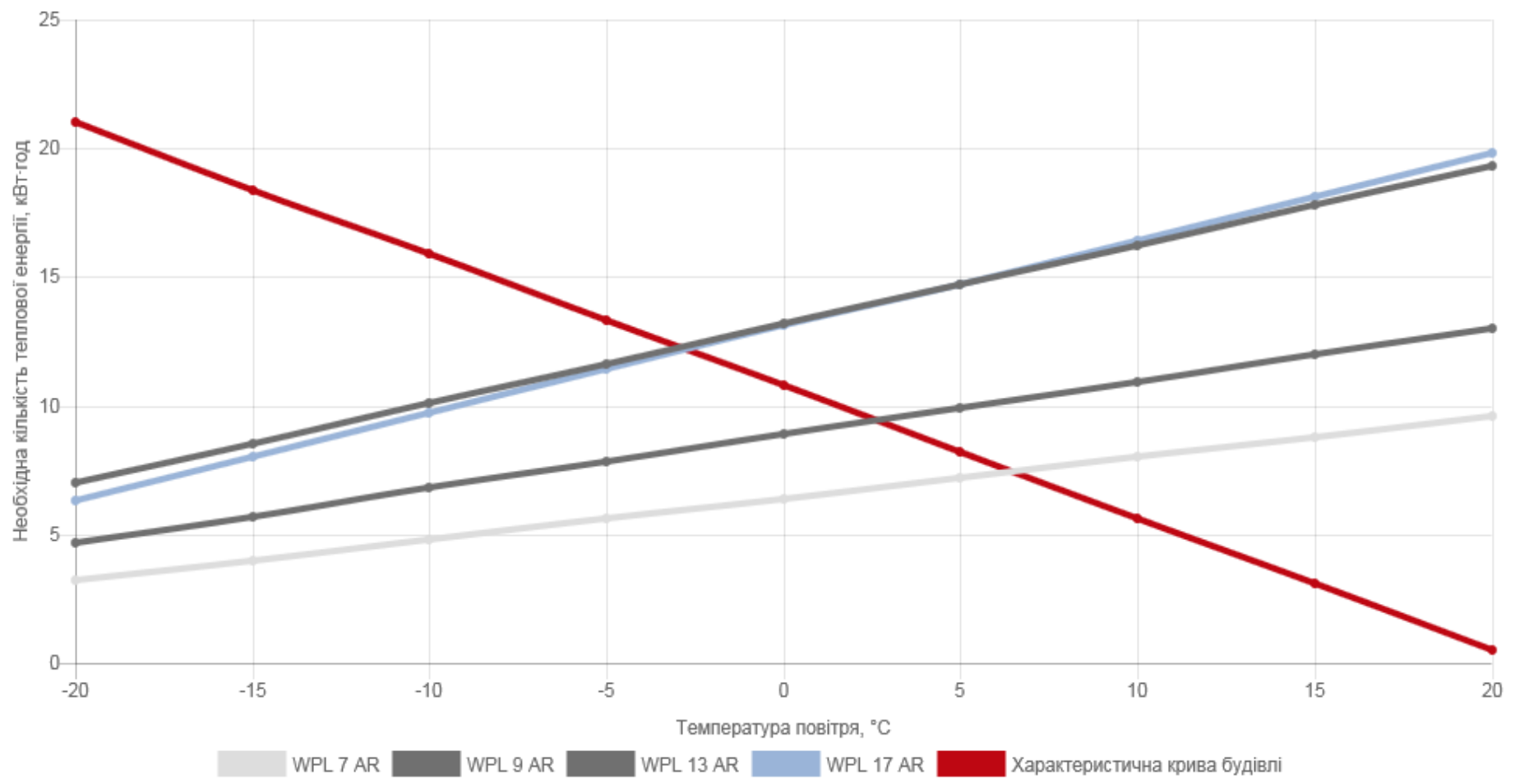


Рисунок 3.1 - Точка бівалентності режиму експлуатації теплового насоса

3.3 Розрахунок річного виробітку електроенергії вітроагрегатом

Вироблення електроенергії вітроагрегатом в місці його установки залежить від енергетичних характеристик вітру і конструкції вітроагрегата [34].

Потужність вітрового потоку обчислюється за такою формулою, Вт

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \quad (3.5)$$

де P - потужність вітрового потоку (Вт);

ρ - щільність повітря (1,225 кг / м³, при звичайних умовах);

A - поперечна площа перерізу вітрового потоку (м²);

V - швидкість вітру (м/с).

$$P = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot 31,4 = 19,23.$$

Поперечна площа перерізу вітрового потоку, м²

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 40 = 31,4, \quad (3.6)$$

де D - діаметр ротора, м.

Якщо відома середня швидкість вітру, наприклад, за рік і розподіл швидкостей вітру має типовий характер, то середня потужність вітрового потоку визначається з виразу

$$P_c = 1,17 \cdot A \cdot V_c^3, \quad (3.7)$$

де: P_c - середня потужність вітру (Вт); V_c - середня швидкість вітру (м/с).

$$P_C = 1,17 \cdot 31,4 \cdot 4,2^3 = 2721,8.$$

Сучасні ВЕУ здатні перетворювати тільки близько 25 % повної потужності повітряного потоку в корисну потужність, тому, Вт

$$P_{\text{ВЕУ}} = 0,25 \cdot 1,17 \cdot A_K \cdot V_C^3 = 0,292 \cdot A_K \cdot V_C^3, \quad (3.8)$$

де $P_{\text{ВЕУ}}$ - потужність на виході вітроагрегата (Вт); A_K - площа поверхні, захопленої вітроколесом (м^2); V_C - середня швидкість вітру на рівні маточини вітроколеса (м/с).

$$P_{\text{ВЕУ}} = 0,292 \cdot 31,4 \cdot 4,2^3 = 679,3.$$

Кількість енергії, яку виробляє вітроагрегат за розрахунковий період часу можна визначити наступним чином

$$W = \frac{P_{\text{ВЕУ}} \cdot T}{1000}, \quad (3.9)$$

де W - кількість виробленої енергії (кВт·год); T - розрахунковий час роботи ветроагрегата (год).

Середня кількість енергії, яку вітроагрегат виробить за рік знаходиться за формулою, кВт·г/рік

$$W_{\text{С,Г}} = \frac{24 \cdot 365 \cdot P}{1000} = 2,56 \cdot A_K \cdot V_{\text{С,Г}}^3, \quad (3.10)$$

де $W_{\text{С,Г}}$ - середньорічне вироблення енергії вітроагрегатом (кВт·г/рік); $V_{\text{С,Г}}$ - середньорічна швидкість вітру (м/с).

$$W_{\text{С,Г}} = \frac{24 \cdot 365 \cdot 19,23}{1000} = 168,45.$$

Таким чином, для вітроагрегата середньорічне вироблення електроенергії залежить від діаметра вітроколеса і середньорічної швидкості вітру.

3.4 Щорічні інвестиційні затрати

Амортизаційні відрахування розраховуються по формулі, грн/рік [35]

$$C_{\text{аморт.}} = \frac{I_{\varepsilon}}{T_s}, \quad (3.11)$$

де I_{ε} – загальна вартість інвестицій, грн ;

T_s – приведенне время проекту, в роках.

$$C_{\text{аморт.}} = \frac{1670000}{20} = 83500. \quad (3.12)$$

Щорічна вартість займу розраховуємо по формулі, грн/рік

$$C_{\text{займ}} = \frac{I_{\varepsilon}}{T_s} \cdot C_{\text{аморт.}} \quad (3.14)$$

Приведений час проекту, в роках:

$$T_s = \frac{1-(1+i)^{-T_s}}{i} = \frac{1-(1+0,1)^{-20}}{0,1} = 8,5, \quad (3.15)$$

де i – фактор приведення.

Отже, щорічна вартість займу складе, грн/рік

$$C_{\text{займ}} = \frac{1670000}{8,5} - 83500 = 112970,59. \quad (3.16)$$

3.5 Розрахунок часу окупності проекту

В загальному випадку, розрахунок сумарних приведених затрат розраховується по формулі, грн

$$\text{СПЗ} = I_{\varepsilon} + C_3 \cdot \$ \quad (3.17)$$

де I_{ε} – загальна вартість інвестицій ;

C_3 – щорічні затрати .

Отже,

$$\text{СПЗ} = 1670000 + 65145,85 \cdot 8,5 = 2223739,73. \quad (3.18)$$

Для оцінки прибутковості проекту визначимо сумарний приведений прибуток, грн.

$$\text{VTA} = C_{\text{ек.}} \cdot T_s = 1980436,06 \cdot 8,5 = 16833706,51. \quad (3.19)$$

Після розрахуємо чистий приведений прибуток по формулі, грн

$$\text{NPV} = C_0 + \frac{C_1}{1+r} \quad (3.20)$$

де C_0 – інвестеційні затрати;

r - ставка дисконтування;

C_1 - вартість майбутніх грошових потоків, приведених до умов справжнього часу.

$$\text{NPV} = 1670000 + \frac{1830436,06}{1+0,17} = 3234475,26. \quad (3.21)$$

Визначимо середній річний прибуток, грн

$$VA = \frac{NPV}{T_s} = \frac{23234475,26}{8,5} = 380526,5. \quad (3.22)$$

Визначаємо загальну вартість інвестицій і середній річний прибуток, визначимо строк окупності інвестицій, роки

$$DRA = \frac{I_{\varepsilon}}{VA} = \frac{1670000}{380526,5} = 4,4. \quad (3.23)$$

3.6 Експлуатація ТН - розрахунки

Отже, наведемо приклад розрахунку ефективності використання сонячного колектора для підігріву води із застосуванням «Звичайного тарифу» [36].

Початкові дані:

- температура гарячої води - 55 °С;
- температура холодної води - 10 °С;
- добове споживання холодної води -1500 л;
- вартість установки ТН - 130000 грн;
- тариф на електроенергію для населення станом на 08.10.19 вище 100 кВт год - 1,68 грн;
- річна продуктивність ТН - 8892 кВт/рік.

Розрахунок при «звичайному тарифі»:

- економія = 8892 · 1,68 = 14938,56 грн;
- окупність = 130000/14938,56 = 8,7 років.

3.7 Визначення економічної ефективності вітроустановки

Розраховуємо кількість корисно використаної енергії за сезон і кількість зекономленого палива, кВт·год

$$Q_{\text{пов}}^c = \sum_{i=1}^n Q_{\text{ВЕУ}i} K_{\text{исп}i} \quad (3.24)$$

Коефіцієнт використання енергії, що виробляється визначається для кожного місяця і аналізованого варіанта. Наприклад, в травні при використанні двох установок АВЕУ6-4М кількість енергії $W_{\text{ВЕУ}} = 168,45 \cdot 2 = 336,2$ кВт·год.

Коефіцієнт забезпеченості споживача оцінюємо також для кожного місяця в залежності від виду та кількості ВЕУ

$$K_{\text{вик}}^{\text{ВЕУ}} = \frac{Q_{\text{пов}}}{W_{\text{ВЕУ}} \cdot \vartheta_{\text{вик}} \cdot \vartheta_{\text{ВЕУ}}} \quad (3.25)$$

Результати розрахунків заносимо в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Коефіцієнт забезпеченості споживача оцінюємо також для кожного місяця в залежності від виду та кількості ВЕУ [42]

Кількість ВЕУ	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	За сезон
	$K_{\text{исп}}$	$K_{\text{исп}}$	$K_{\text{исп}}$	$K_{\text{исп}}$	$K_{\text{исп}}$	$K_{\text{исп}}$
АВЭУ 6-4М						
1	1	1	0,27	1	1	1
2	0,86	1	0,73	1	1	0,97
3	0,57	0,9	1	1	0,77	0,85
4	0,43	0,68	1	1	0,58	0,72
5	0,34	0,55	1	0,83	0,46	0,58

По даним таблиці 3.3 було побудовано графік (рисунок 3.2).

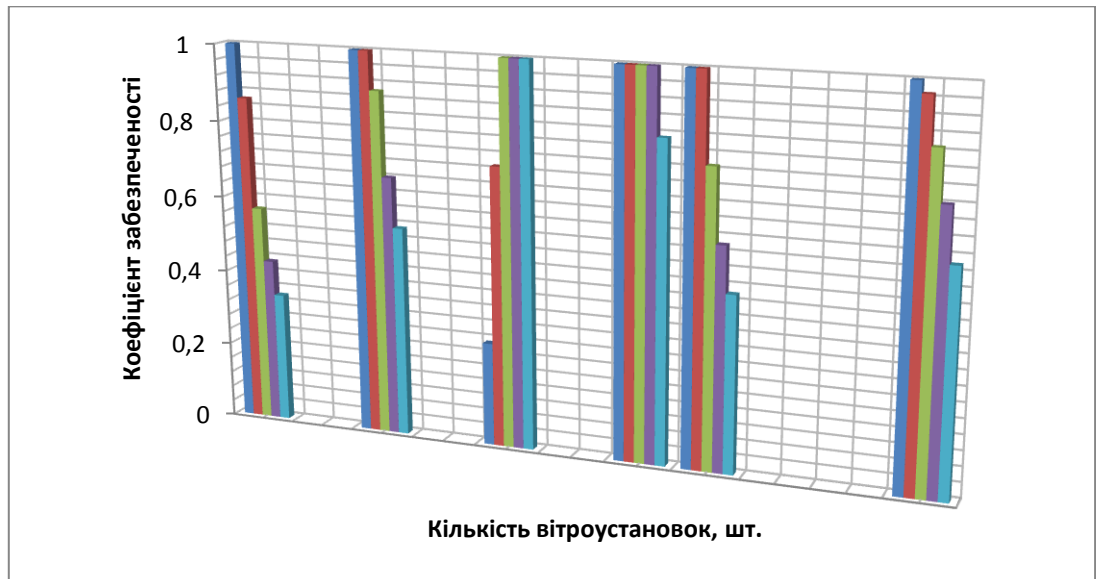


Рисунок 3.2 - Коефіцієнт забезпеченості споживача оцінюємо для кожного місяця в залежності від кількості ВЕУ

При використанні двох установок АВЭУ6-4М, кВт·год

$$Q_{\text{пол}}^c = 3 \cdot (336,2 \cdot 0,57 + 336,2 \cdot 0,9 + 336,2 \cdot 1 + 336,2 \cdot 1 + 336,2 \cdot 0,77 + 336,2 \cdot 0,85) = 5133,77.$$

3.8 Оцінка ефективності вітроустановки з енергетичних витрат і визначення терміну окупності

Енерговитрати на установку АВЕУ6-4М складають 61605,24 кВт·год, на одиницю площі, захоплюваної вітроколесом – 3000 кВт·ч/м².

Ефективність енерговитрат при використанні двох установок АВЕУ6-4М

$$r = \frac{5133,77}{1400 \cdot 2 \cdot 34,2} = 0,054. \quad (3.26)$$

Термін окупності, рік

$$T = \frac{96000}{5133,77} = 18,7. \quad (3.27)$$

3.9 Установка сонячного колектора - розрахунки

Отже, наведемо приклад розрахунку ефективності використання сонячного колектора для підігріву води із застосуванням «Зеленого тарифу» і без нього.

Початкові дані:

- температура гарячої води - 55 °С;
- температура холодної води - 10 °С;
- добове споживання гарячої води - 300 л;
- вартість установки сонячного колектора - 62 880 грн;
- «зелений тариф» станом на 02.07.2018 - 4,76 грн (з вирахуванням податків)
- тариф на електроенергію для населення станом на 02.07.2018 вище 100 кВт год - 1,68 грн;
- річна продуктивність сонячного колектора - 2500 кВт·год;
- річне споживання електроенергії на підігрів гарячої води - 3285 кВт·год;

Розрахунок при «звичайному тарифі»:

- економія = $2500 \cdot 1,68 = 4200$ грн;
- окупність = $62880 / 4200 = 14,97$ років.

При наявності «зеленого» тарифу ситуація змінюється:

- економія = $2500 \cdot 4,76 = 11904$ грн;
- окупність = $62880 / 11904 = 5,28$ років.

Висновок:

Установка сонячного колектора дозволяє додатково заробляти до 12000 грн в рік при «зеленому тарифі», а також зменшує термін окупності установки сонячного колектора в 3 рази. Прогнозований термін служби

сонячного колектора - 25 років. В таблиці 3.4 наведені технічні характеристики сонячного колектора СВК – 15, при цих даних їхня кількість складе 12 штук.

Таблиця 3.4 - Технічні характеристики сонячного колектора СВК – 15

Параметр сонячного колектора	Од.виміру	СВК-15
Ширина (А)	мм	1200
Кількість вакуумних трубок Ø 58 × 1800	шт.	15
Маса сухого колектора	кг	49
Ефективна площа поглинання	м ²	1,32
Площа абсорбції	м ²	1,88
Обсяг теплообмінника	л	0,95
Продуктивність при T 40 ° C	л/добу	150
Середня продуктивність	кг/добу	3,5

3.10 Потужність та енергія, що виробляється саморобною вітроустановкою (експериментальні дані).

Кількість лопаток дорівнює чотирьом. Отримані дані заносимо в таблицю 3.6.

Таблиця 3.6 – Експериментальні дані вітроустановки

Швидкість вітру, м/с	Висота щогли, м	Номинальна потужність, Вт	Діаметр вітроколеса при числі лопаток	Число обертів об/хв
----------------------	-----------------	---------------------------	---------------------------------------	---------------------

2,5	1,1	100	1,44	115
2,7		200	1,97	
3		300	1,22	
3,3		400	2,31	
3,55		500	2,84	
3,7		600	3	
4		700	3,6	

3.11 Наближений розрахунок річного виробітку електроенергії вітроагрегатом

Вироблення електроенергії вітроагрегатом в місці його установки залежить від енергетичних характеристик вітру і конструкції вітроагрегата.

Середньо розрахункова швидкість вітру, м/с

$$V = \frac{\text{Швидкість повітря, м/с}}{\text{кількість проведених експериментів}} = \frac{2,5+2,7+3+3,3+3,55+3,7+4}{7} = 3,25.$$

Потужність вітрового потоку обчислюється за такою формулою, Вт

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \quad (3.28)$$

де P - потужність вітрового потоку (Вт);

ρ - щільність повітря (1,225 кг/м³, при звичайних умовах);

A - поперечна площа перерізу вітрового потоку (м²);

V - середньорозрахункова швидкість вітру (м/с).

$$P = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot 3,25^3 = 21,03.$$

Поперечна площа перерізу вітрового потоку, м²

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 2,34^2 = 4,3, \quad (3.29)$$

де D - діаметр вітроколеса, м.

Середньо розрахунковий діаметр колеса, м

$$D = \frac{\text{діаметр вітроколеса}}{\text{кількість проведених експериментів}} = \frac{1,44+1,97+1,22+2,31+2,84+3+3,6}{7} = 2,34.$$

Якщо відома середня швидкість вітру, наприклад, за рік і розподіл швидкостей вітру має типовий характер, то середня потужність вітрового потоку визначається з виразу, Вт

$$P_C = 1,17 \cdot A \cdot V_c^3, \quad (3.30)$$

де P_C – середня номінальна потужність вітру (Вт); V_c - середня швидкість вітру, (м/с).

$$P_C = 1,17 \cdot 4,3 \cdot 4,2^3 = 172,7.$$

Сучасні ВЕУ здатні перетворювати тільки близько 25 % повної потужності повітряного потоку в корисну потужність, тому, Вт

$$P_{\text{ВЕУ}} = 0,25 \cdot 1,17 \cdot A_K \cdot V_c^3 = 0,292 \cdot A_K \cdot V_c^3, \quad (3.31)$$

де P_{ВЕУ} - потужність на виході ветроагрегата (Вт); A_K - площа поверхні, захоплюваної вітроколесом (м²); V_c - середня швидкість вітру на рівні маточини вітроколеса (м/с).

Кількість енергії, яку виробляє вітроагрегат за розрахунковий період часу можна визначити наступним чином, кВт·год

$$W = \frac{P_{\text{ВЕУ}} \cdot T}{1000}, \quad (3.32)$$

де W - кількість виробленої енергії (кВт·год); T - розрахунковий час роботи вітроагрегата (год).

Середня кількість енергії, яку вітроагрегат виробить за рік знаходиться за формулою, кВт·год/рік

$$W_{C,Г} = \frac{24 \cdot 365 \cdot P}{1000} = 2,56 \cdot A_K \cdot V_{C,Г}^3, \quad (3.33)$$

де: $W_{C,Г}$ - середньорічне вироблення енергії вітроагрегатом (кВт·г/рік);
 $V_{C,Г}$ - середньорічна швидкість вітру (м/с).

$$W_{C,Г} = \frac{24 \cdot 365 \cdot 40}{1000} = 350,4.$$

Таким чином, для вітроагрегата середньорічне вироблення електроенергії залежить від діаметра вітроколеса і середньорічної швидкості вітру, а також від площі вітроколеса.

Розрахунок окупності однієї експериментальної установки при «звичайному тарифі»:

- економія = $350,4 \cdot 1,68 = 588,67$ грн;
- окупність = $3000 / 588,67 = 5,1$ років.

Висновок:

При розрахунку строку окупності для однієї вітроустановки склав – 5,1 років, що перевищують нормативи. Тому для такого виробництва ми пропонуємо краще змонтувати чотири вітроустановки, тоді строк окупності складе – 2,56 років.

Після того, як ми виконали економічний розрахунок альтернативних джерел енергії необхідно дізнатися, яка система більш вигідна для сільського господарства (таблиця 3.7).

Таблиця 3.7 - Зведений економічний розрахунок різних видів джерел енергії

Назва	Вартість установки, тис.грн	Економія, тис.грн	Термін окупності, роки
Сонячний колектор	62880	11904	5,28
Біогазова установка	11958,16	61295,47	19,5
Тепловий насос	130	14938,56	8,7
Вітрова установка	167	380526,5	4,4
Вітрова міні установка (саморобна)	1200	588,67	5,1

Побудова графіка економічного розрахунку при залежності економії еквівалентів (гроші) від терміну окупності кожного виду установки (рисунок 3.2).

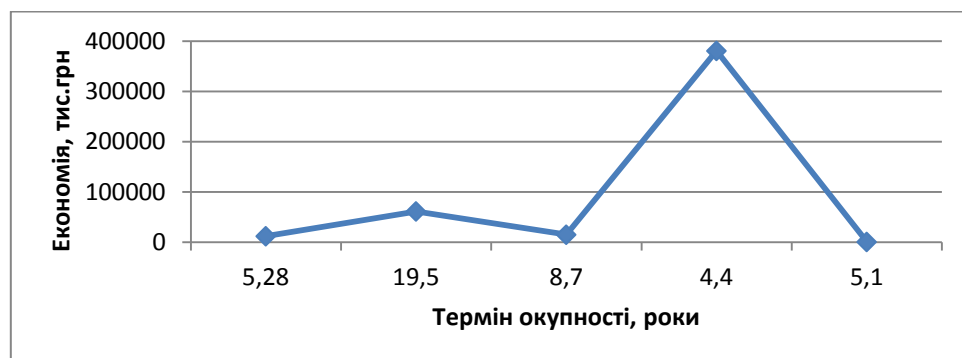


Рисунок 3.2 – Економія різних видів альтернативних джерел енергії

4 ОХОРОНА ПРАЦІ І ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

4.1 Стан охорони праці, виробничого травматизму і професійної захворюваності в Україні. Невиробничий травматизм

Відповідно до ст. 3 Конституції України і Закону «Про охорону праці» основним принципом державної політики є пріоритет життя і здоров'я робітників відносно будь-яких результатів виробничої діяльності.

Для розвитку і швидкого втілення в життя цього принципу керівництво держави вживає ряд організаційних заходів. Так, згідно з наказом Президента України було розроблено державну програму підвищення рівня знань населення України з питань охорони праці.

Але, незважаючи на це, в Україні має місце ціла низка негативних явищ на виробництві (аварії на шахтах, травматизм на транспорті, професійні захворювання у промисловості). Щоденно на виробництві отримують травми у середньому 160 чоловік, з них 20 стають інвалідами, а 4-5 – гинуть [43].

Особливо травмонебезпечною залишається вугільна промисловість. Кожен мільйон тонн вугілля, видобутого в Україні, обриває життя до п'яти шахтарів. У США цей показник майже у 100 нижчий, а в Росії – у 3,8 рази. Причиною високого рівня виробничого травматизму в Україні є недбале ставлення деяких керівників підприємств до проблем охорони праці, застарілі малобезпечні технології та брак коштів на реконструкцію виробництва, переозброєння його сучасною технікою, низька виробнича дисципліна.

Травматизм може бути і невинуватим. Так, внаслідок дорожньо-транспортних пригод в останні роки загинуло або отримало травми різного ступеню складності особливо багато людей. Тільки на Україні цей показник складає близько 18 тисяч осіб на рік [44].

4.2 Фізіологічні основи праці. Характеристика основних форм діяльності людини

Праця відзначається значною різноманітністю. За характером роботи її можна поділити на три основні види: фізична праця, механізовані форми фізичної праці і розумова праця (див. рис. 4.1) [45].

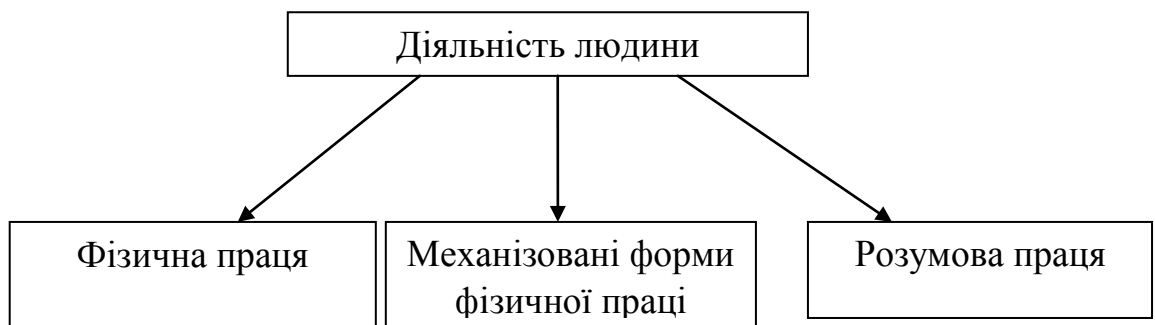


Рисунок 4.1 – Форми діяльності людини

Доля фізичної і психічної складових у різних видах трудової діяльності неоднакова: під час фізичної праці переважає м'язова діяльність, а під час розумової – психічна. Але жоден з видів діяльності не відбувається без її регулювання центральною нервовою системою.

Під фізичною працею розуміють виконання людиною енергетичних функцій у виробничій системі. Ця праця вимагає значної м'язової активності. За характером роботи м'язів фізична робота поділяється на динамічну і статичну. Динамічна робота здійснюється при переміщенні тіла людини, її рук, ніг, пальців у просторі, статична – при утриманні вантажу, при виконанні роботи стоячи або сидячи.

Особливістю статичної роботи є її виражена втомлювальна дія, що зумовлена довготривалим скороченням і напруженням м'язів, безперервним збудженням нервових центрів, в той час як динамічна робота характеризується ритмічним скороченням м'язів, що сприяє повноцінному їх

кровопостачанню і газообміну, почерговим збудженням і гальмуванням нервових центрів, що регулюють діяльність м'язів, що, у свою чергу, призводить до меншої втомленості.

Динамічну фізичну роботу, за якої задіяні більше 2/3 м'язів людини, прийнято називати загальною, при участі в роботі від 2/3 до 1/3 м'язів (тулуба або рук чи ніг) – регіональною, при участі в роботі менше 1/3 м'язів (наприклад, набір тексту на комп'ютері) – локальною.

Фізичні навантаження стимулюють роботу серцево-судинної та дихальної систем. При цьому відбувається витрата енергії. За величиною загальних енерговитрат організму фізичні роботи поділяються на легкі (до 150 Ккал/год), середньої важкості (від 151 до 250 Ккал/год) та важкі (понад 250 Ккал/год). В свою чергу легка робота поділяється на I-а – (90 ... 120) Ккал/год і I-б – 121 ... 150 Ккал/год, а робота середньої важкості – на II-а – (151 ... 200) Ккал/год та II-б – (200 ... 250) Ккал/год (ДСН 3.3.6.042- 99). Категорії і характер робіт наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Категорії і характеристики робіт

Категорії робіт	Характеристика робіт
Легка - I	Роботи, які виконуються сидячі, стоячі або пов'язані з ходінням, але не вимагають фізичних зусиль
Середньої важкості – II - а	Роботи, які постійно виконуються ходячи, а також виконуються сидячи або стоячі, але не вимагають переміщення вантажів
Середньої важкості – II - б	Роботи, які пов'язані з ходінням і переміщенням вантажів до 10 кг
Важка - III	Роботи, які пов'язані з систематичним напруженням, постійним переміщенням і перенесенням (понад 10 кг) вантажів

Механізовані форми фізичної праці виконуються людиною - оператором, їх здійснення забезпечується поєднанням фізичних і розумових функцій.

Діяльність людини-оператора може відбуватися як у штатних (детермінованих), так і позаштатних (недетермінованих) обставинах.

При детермінованих обставинах працюючому заздалегідь відомі алгоритми дій, він керується відповідними правилами, інструкціями, працює за жорстким технологічним графіком. У недетермінованих обставинах можливі збої у технологічному процесі, неполадки у роботі устаткування та ін., які усуваються за відповідними інструкціями [43].

Операторська діяльність має кілька типів спеціалізації:

- оператор-технолог безпосередньо включений до технологічного процесу, працює в основному режимі обслуговування технологічного процесу, здійснює переважно виконавські дії, чітко дотримуючись інструкцій, які, як правило, охоплюють увесь набір ситуацій і рішень. Це оператор автоматичних ліній, технологічних процесів тощо;

- оператор-маніпулятор (машиніст), основну роль у діяльності якого відіграють механізми сенсомоторної регуляції (виконання дій) і, меншою мірою, понятійного та образного мислення. Основні функції машиніста – управління окремими машинами і механізмами;

- оператор-спостерігач, контролер, у діяльності якого переважає сприйняття та осмислення інформації. Виконання його функцій значною мірою забезпечує апарат понятійного мислення і досвід, закладений в образно-концептуальних моделях. Фізична робота в діяльності оператора-спостерігача відіграє незначну роль. Прикладами даного типу спеціалізації є праця диспетчера енергетичної або транспортної системи.

Розумова праця людини, на відміну від фізичної, супроводжується меншими витратами енергетичних запасів (витрати енергії складають від 2500 до 3000 Ккал на добу), але це не означає, що вона є легкою. Розумова праця забезпечується активністю головного мозку – під час розумової

діяльності значно активуються аналітичні та синтетичні функції центральної нервової системи, ускладнюється прийом і переробка інформації, виникають функціональні зв'язки між окремими нервовими центрами, нові комплекси умовних рефлексів, зростає роль уваги, пам'яті, зорового та слухового аналізаторів. Інтенсивна розумова праця викликає значне зростання потреб мозку в кисні. Будь-яка розумова діяльність супроводжується певним нервово - психічним напруженням, малорухливістю, вимушеною позою тощо.

Розумова праця характеризується напруженістю, яка визначається обсягом інформаційного навантаження. До розумової діяльності належать деякі види операторської праці, праця керівників виробничих процесів, творча праця, праця слідчих, суддів, лікарів, викладачів, тощо. Операторська праця відрізняється підвищеною відповідальністю та високою нервово-емоційною напругою. Праця керівників визначається надмірним зростанням обсягу інформації, дефіцитом часу для її опрацювання, високою особистою відповідальністю за прийняті рішення, періодичним виникненням конфліктних ситуацій. Творча праця вимагає значного об'єму пам'яті, уваги, нервово-емоційної напруги. Праця викладача, лікаря, юриста – це постійний контакт з людьми, підвищена відповідальність, дефіцит часу та уваги для прийняття рішення, що зумовлює значну нервово-емоційну напругу [46].

4.3 Поняття та основні завдання гігієни праці та виробничої санітарії

Гігієна праці – це галузь практичної й наукової діяльності, що вивчає стан здоров'я працівника під впливом умов праці й на цій основі обґрунтовує заходи і засоби збереження та зміцнення здоров'я працюючого, профілактики несприятливого впливу умов праці.

У системі законодавчих актів щодо гігієни праці ключове місце посідає Закон України «Про забезпечення санітарного епідеміологічного благополуччя населення». Стаття 7 цього Закону – «Обов'язки

підприємств,установ, організацій» – передбачає розробку і здійснення адміністрацією підприємств санітарних та протиепізоотичних заходів щодо умов праці стосовно рівнів чинників виробничого середовища; інформацію санітарно-епідеміологічної служби щодо надзвичайних подій і ситуацій, що становлять небезпеку для здоров'я населення; відшкодування збитків [44].

Забезпечення санітарного благополуччя досягається такими заходами:

- гігієнічна регламентація та державна реєстрація шкідливих чинників виробничого і навколишнього середовища;
- державна санітарно-гігієнічна експертиза проектів технологій, діючих об'єктів на відповідальність їх санітарним нормам;
- включення вимог безпеки щодо здоров'я до державних нормативних актів;
- ліцензування видів діяльності, пов'язаних з потенційною небезпекою для здоров'я людей;
- гігієнічне обґрунтування проектів, будівництв, розробки, виготовлення та використання нових засобів виробництва та технологій;
- пред'явлення гігієнічно обґрунтованих вимог до житлових, діючих засобів виробництва та технологій тощо;
- обов'язкові медичні огляди певних категорій працівників і ін [47].

Нормативними актами з гігієни праці є постанови та положення (норми), затверджені МОЗ України, наприклад Положення про медичний огляд працівників певних категорій.

У системі заходів із забезпечення безпеки праці велике значення мають запобіжний і поточний санітарні нагляди, які здійснюють установи та заклади Державної санітарно-епідеміологічної служби. Запобіжний санітарний огляд дає можливість значно покращити умови і безпеку праці через заборону виробництва і використання на підприємствах усіх форм власності життєво небезпечних речовин та матеріалів, технологічного устаткування, технологічних процесів та впровадження сучасних безвідходних і нешкідливих для здоров'я людей технологій.

Поточний санітарний нагляд передбачає систематичний контроль за дотриманням чинних санітарних правил та норм на виробництві [48].

Основними завданнями гігієни праці є, зокрема, такі:

- вивчення впливу на людину небезпечних і токсичних речовин, що викидаються в навколишнє середовище внаслідок технологічних процесів, роботи устаткування, та розроблення заходів захисту від них;
- вивчення впливу шуму, вібрації, іонізуючого випромінювання на організм людини і розроблення заходів захисту від цих чинників;
- вивчення освітленості робочих місць та розробка заходів і засобів з його нормалізації;
- розробка методів і засобів контролю умов праці;
- розробка та впровадження індивідуальних засобів захисту;
- розробка та обґрунтування вимог до санітарно-побутового забезпечення працівників.

Виробнича санітарія – система організаційних заходів і засобів, які запобігають чи зменшують дію шкідливих виробничих факторів на працюючих.

До виробничої санітарії належить санітарна техніка (системи і пристрої вентиляції, опалення, кондиціонування повітря, тепlopостачання, водopостачання, освітлення, захисту людини від шуму і вібрації, шкідливих випромінювань і полів, санітарні й побутові споруди і пристрої тощо).

Санітарія і гігієна праці розглядають ряд факторів, що можуть впливати на здоров'я і самопочуття людини, визначають джерела цих факторів і встановлюють способи захисту від них.

Відтак, основними завдання гігієни та санітарії є створення безпечних умов праці [49].

4.4 Фактори трудової діяльності та умови праці

Відповідно до ГОСТ 12.0.002-80 розрізняють 4 групи факторів трудової діяльності:

а) фізичні – мікроклімат і запиленість повітряного середовища, всі види випромінювань, вібрація, шум, освітленість, рівень статичної електрики, рухомі елементи машин і механізмів, гострі краї, жорсткість поверхні деталей, інструментів та обладнання тощо;

б) хімічні – луги, кислоти та інші хімічні речовини;

в) біологічні – патогенні мікроорганізми, препарати, що вміщують живі мікроорганізми та їх спори, білкові препарати, а також грибки, найпростіші тощо;

г) психофізіологічні – фізичні (статичні й динамічні) й нервово - психічні перевантаження (розумове перенапруження, монотонність праці, емоційне перевантаження), втома, перевтома тощо [50].

Оцінка умов праці проводиться на підставі Гігієнічної класифікації умов праці за показниками шкідливості та небезпечності чинників виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, згідно з якою умови праці поділяються на 4 класи:

– 1-й клас – оптимальні умови праці – такі умови, за яких зберігається не лише здоров'я працюючих, а створюються передумови для високого рівня працездатності;

– 2-й клас – допустимі умови праці – характеризуються таким рівнем чинників виробничого середовища і трудового процесу, який не перевищує встановлених гігієнічних нормативів для робочих місць, а можливі зміни функціонального стану організму відновлюються за час регламентованого відпочинку або до початку наступної зміни та не чинять несприятливого впливу на стан здоров'я працюючих та їх нащадків у найближчому та віддаленому періодах;

– 3-й клас – шкідливі умови праці – характеризуються наявністю шкідливих виробничих факторів, що перевищують гігієнічні норми і здатні чинити несприятливий вплив на організм працюючого (або його нащадків);

– 4-й клас – небезпечні (екстремальні) умови праці, що характеризуються такими рівнями чинників виробничого середовища, вплив яких протягом робочої зміни (або ж її частини) створює великий ризик виникнення важких форм гострих професійних уражень, отруень, каліцтв, загрозу для життя.

Згідно з Законом України «Про охорону праці» в усіх виробничих приміщеннях, робочих зонах, на робочих місцях повинна бути забезпечена безпека, а санітарно-гігієнічні умови – відповідати нормативним актам (ст. 6).

При прийнятті на роботу роботодавець зобов'язаний поінформувати громадянина про наявність шкідливих або небезпечних факторів на виробництві (ст. 5) [51].

4.5 Хімічні фактори повітряного середовища робочого місця та основні джерела його забруднення

До хімічних факторів відносять природній склад повітря і шкідливі його домішки, що виділяються виробництвом.

Основними техногенними джерелами забруднення середовища є: об'єкти енергетики, газо і нафтопереробна промисловість, хімічна промисловість, виробництво будівельних матеріалів тощо. Значне забруднення атмосферного повітря здійснює автотранспорт. Вихлопні гази містять чадний газ, окис азоту, бензапірен, тетраетилсвинець й інші шкідливі домішки.

У складі атмосферного повітря міститься 78 % азоту, 20,76 % кисню, 0,03 % вуглекислого газу, 0,94 % інших газів. У закритому приміщенні склад повітря змінюється у той чи інший бік. Нормальне самопочуття забезпечує людині вміст кисню від 19,5 до 20,5 %. Коли його рівень у приміщенні стає

меншим 9 % (при нормальному барометричному тиску) – може наступити смерть внаслідок аноксемії – кисневого голодування тканин організму.

Допустима норма вуглекислого газу в приміщенні – (0,1 ... 0,2) %, на робочих місцях – до 0,5 % [52].

Для забезпечення ефективної трудової діяльності необхідно підтримувати оптимальну чистоту повітря. Внаслідок виробничого процесу, особливо при порушенні гігієнічних вимог до нього, у повітряне середовище можуть надходити різні шкідливі речовини, які при контакті з організмом людини викликають відхилення стану здоров'я, професійні захворювання.

Найбільш небезпечними є загазованість і запилення повітряного середовища [47].

4.6 Шкідливі речовини та їх класифікація залежно від дії на організм людини

Усі шкідливі речовини можна розділити на токсичні, подразнюючі, мутагенні, канцерогенні, наркотичні, задушливі, такі, що впливають на репродуктивну функцію, сенсibiliзуючі.

Токсичні речовини взаємодіють з організмом людини, викликаючи різноманітні відхилення стану здоров'я. До них належать чадний газ, селітра, концентровані розчини кислот, лугів тощо.

Подразнюючі речовини викликають подразнення слизових оболонок дихальних шляхів, очей, шкіри (наприклад, аміак). Мутагенні речовини призводять до порушення генетичного коду, зміни спадкової інформації. Це - свинець, радіоактивні речовини тощо [48].

Канцерогенні речовини викликають, як правило, злоякісні новоутворення, пухлини (ароматичні вуглеводні, циклічні аміни, азбест, нікель, хром тощо). Наркотичні речовини впливають на центральну нервову систему (спирти, ароматичні вуглеводи).

Задушливі речовини приводять до токсичного набряку легень (оксид вуглецю, оксид азоту).

Дуже негативні наслідки має вплив саме отруйних речовин, які призводять до враження всіх живих організмів, особливо людей. Отруйні речовини до організму людини потрапляють через шкіру, органи дихання, шлунок. Дія шкідливих речовин на працівників нерідко ускладнюється різними супутніми факторами зовнішнього середовища (високою температурою повітря, шумом, вібрацією тощо) [49].

4.7 Пил як один з найшкідливіших факторів виробничого середовища

Запиленість виробничих приміщень – один з найшкідливіших факторів виробничого середовища. Пил викликає захворювання, є причиною підвищеної пожежо-, вибухо- та електробезпеки виробничого процесу.

У відкритій атмосфері пил знижує інтенсивність сонячного світла, особливо ультрафіолетових променів, сприяє утворенню туманів, хмарності та атмосферних опадів. Особливо шкідливо діє пил, вдихуваний людиною.

Причини пилоутворення – недосконалість технологічного процесу, обладнання, недостатня їх герметизація, порушення технологічних режимів, неякісне прибирання приміщень.

Пил, що вільно перебуває у повітрі, називається аерозолем, а пил, що осів на елементи будівельних конструкцій, виробничого обладнання тощо, – аерогелем. Пил буває органічного та неорганічного походження. З гігієнічної точки зору, мають значення розміри і форма пилових часточок. У повітрі переважають дрібні дисперсні пилові часточки розміром до 5 мкм. За формою вони можуть бути кулясті і пласкі.

Найбільш шкідливими є частини пилу діаметром менше 10 мкм, які легко проникають в організм при диханні. Кулясті частини осідають швидше, ніж пласкі. Пил потрапляє в організм також з їжею, всмоктується в кров й отруює організм, викликаючи професійні захворювання.

Залежно від виду речовин вдихуваного пилу професійні захворювання діляться на пневмоконіози і силікози, азбестози, антракози і ін. Сьогодні у світі нараховується більше 27 професійних захворювань за дією пилу. Ризик для інспекторів патрульно-постової та дорожньої служб одержати пневмоконіоз при виході на пенсію складає близько 2 % [53].

Для визначення кількості пилу в повітрі виробничих приміщень існує ваговий метод (за допомогою аспіратора для відбору проб повітря), суть якого полягає у протягуванні через фільтр певного об'єму досліджуваного повітря. Після цього фільтр зважують на аналітичних вагах і, таким чином, визначають запиленість. З цією метою також можна використовувати вимірювач концентрації пилу ИКП-1 [51].

4.8 Гранично допустима концентрація шкідливих речовин. Класифікація шкідливих речовин за ступенем впливу на організм людини

Для послаблення впливу шкідливих речовин на організм людей, тварин, рослин, визначення ступеня забрудненості довкілля користуються такими поняттями, як: гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин (полютантів), гранично допустимі викиди (ГДВ), максимально допустимий рівень (МДР), тимчасово погоджені викиди (ТПВ) тощо.

Вважається, що ГДК шкідливої речовини – це такий вміст її у природному середовищі, який не знижує працездатності та самопочуття людини, не шкодить здоров'ю у разі постійного контакту з нею, а також не викликає небажаних (негативних) наслідків у нащадків.

Вміст шкідливих речовин в повітрі не повинен перевищувати ГДК, котрі оцінюються в міліграмах на метр кубічний. При вмісті в повітрі робочої зони кількох речовин односпрямованої дії для забезпечення безпеки праці слід дотримуватись умови [54]

$$C_1 / \text{ГДК}_1 + C_2 / \text{ГДК}_2 + C_3 / \text{ГДК}_3 \dots + C_n / \text{ГДК}_n = 1, \quad (4.1)$$

де $C_1, C_2, C_3 \dots C_n$ – концентрації відповідних шкідливих речовин у повітрі, $\text{мг}/\text{м}^3$; $\text{ГДК}_1, \text{ГДК}_2, \text{ГДК}_3 \dots \text{ГДК}_n$ – гранично допустимі концентрації відповідних шкідливих речовин, $\text{мг}/\text{м}^3$.

До шкідливих речовин односпрямованої дії належать шкідливі речовини, близькі за хімічною будовою та характером впливу на організм людини. Якщо у повітрі перебуває одночасно декілька шкідливих речовин, що не мають односпрямованої дії, ГДК залишаються такими самими, як і при ізольованій дії.

Вміст шкідливих речовин у повітрі, яке надходить до виробничих приміщень, не повинен перевищувати 0,3 ГДК, встановлених для робочої зони виробничих приміщень.

За ступенем впливу на організм шкідливі речовини поділяються на 4 класи небезпеки [55]:

а) 1 -й – надзвичайно небезпечні – гранично допустима концентрація менше $0,1 \text{ мг}/\text{м}^3$ повітря (свинець, ртуть, чадний газ та ін.);

б) 2 -й – високо небезпечні – ГДК від $0,1$ до $1,0 \text{ мг}/\text{м}^3$ (соляна та сірчана кислоти, бензол, хлор та ін.);

в) 3 -й – помірно небезпечні – ГДК від $1,1$ до $10 \text{ мг}/\text{м}^3$ (спирт метиловий, кислота оцтова, ксилол та ін.);

г) 4 -й – мало небезпечні – ГДК більше $10 \text{ мг}/\text{м}^3$ (гас, бензин, аміак, ацетон та ін.).

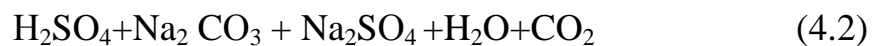
4.9 Засоби захисту людини від шкідливих речовин

Основними засобами захисту людини від впливу шкідливих речовин є: гігієнічне нормування їх вмісту у виробничій зоні і на робочому місці, а також різні методи очищення газових викидів (адсорбція, хімічне перетворення) та стоків (первинне, вторинне та третинне очищення).

Потрібно, щоб на належному рівні була забезпечена робота колективних (наприклад, вентиляція) та індивідуальних засобів захисту людей [44].

Адсорбція – процес поглинання газів поверхнею твердих речовин (наприклад, адсорбція газів активованим вугіллям).

Нейтралізація – це перетворення токсичних речовин у нетоксичні чи малотоксичні речовини за допомогою хімічних реакцій. Наприклад, для нейтралізації сірчаної кислоти застосовують карбонат натрію згідно рівнянню



Для перетворення токсичних сумішей газів у нетоксичні чи малотоксичні застосовується дожиг. Пилоочистка здійснюється за допомогою спеціальних очисних пристроїв і споруд: фільтрів, пилоосаджувальних камер, пиłosосів, скрубєрів, електроприладів тощо.

Найбільш ефективним і дешевим способом зменшення кількості пилу є вологе прибирання у приміщенні та вентиляція приміщень.

Контроль за станом робочої зони при забрудненні повітря здійснюється за допомогою спеціальних приладів: загазованість – газоаналізаторами (ВПХР, УГ-2 та ін.); запиленість – фотометрією, мікроскопією тощо.

До загальних заходів попередження дії шкідливих речовин на працюючих належать [46]:

- заміна шкідливих речовин менш шкідливими;
- удосконалення технологічних процесів та устаткування;
- автоматизація і дистанційне керування технологічним процесом;
- герметизація виробничого устаткування, локалізація шкідливих викидів;
- попередні та періодичні медичні огляди робітників, які працюють у шкідливих умовах, профілактичне харчування;
- використання засобів індивідуального захисту.

4.10 Механічна вентиляція та її види. Вимоги до механічної вентиляції

Механічна вентиляція – це примусове видалення з приміщень забрудненого повітря і заміна його на свіже за допомогою вентиляційних агрегатів. Сукупність вентиляційного агрегату, повітроводів, регулювальних, пускових та інших пристроїв складає вентиляційну систему для конкретного виробничого приміщення.

Штучна вентиляція може бути загально обмінною, місцевою та комбінованою.

Загально обмінна вентиляція забезпечує створення необхідного мікроклімату та чистоти повітряного середовища у всьому об'ємі робочої зони приміщення. Вона застосовується для видалення надлишкового тепла, нормалізації хімічного складу повітря при відсутності його токсичного забруднення, а також коли неможливо використати місцеву вентиляцію. Вентиляційні системи бувають витяжними, припливними і припливно-витяжними (комбінованими) [47].

Вибір системи залежить від призначення виробничого приміщення, особливостей виробничого процесу, інтенсивності виділення шкідливих речовин та інших причин. Наприклад, у приміщеннях, де інтенсивно виділяються шкідливі речовини, для запобігання їх поширенню в інші приміщення застосовують витяжну систему вентиляції. Якщо у виробничих приміщеннях виділяються пари або гази з густиною, що перевищує густину повітря(пари кислот тощо), то штучна вентиляція повинна забезпечувати видалення 60% повітря з нижньої зони приміщення та 40 % - з верхньої.

Якщо ж густина речовин, що забруднюють виробниче приміщення, менше за густину повітря, то потрібно видалити забруднене повітря у верхній зоні. У хімічних лабораторіях, акумуляторних цехах, де встановлені витяжні шафи, аспіраційні установки та пристрої, необхідно забезпечити відповідний приплив у приміщення свіжого повітря [48].

4.11 Загальне уявлення про освітлення та освітленість. Освітлення виробничих приміщень

Освітлення – це отримання, розподіл та використання світлової енергії для забезпечення нормальних умов праці. Світло впливає на діяльність людини. При недостатньому освітленні людина працює менше продуктивно, швидко втомлюється, зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. Погане освітлення може призвести до порушення функції зорового аналізатора, розвитку професійних захворювань.

Освітлення має бути достатнім, рівномірним, щоб були видні дрібні деталі. Не повинно бути: надмірного освітлювального потоку, різких контрастів, затінення. Оптична частина спектру включає ультрафіолетові, видимі і інфрачервоні промені діапазоном хвиль від 0,01 до 340 мкм. Видиме випромінювання має довжину хвилі від 0,38 до 0,76 мкм. Потужність такого проміння вимірюється світловим потоком. За одиницю світлового потоку прийнято люмен (лм).

Густина світлового потоку на освітлювальній поверхні визначає такий показник світла, як освітленість. Одиницею освітленості є люкс (лк) – освітленість поверхні площею в 1 м^2 при світловому потоці випромінювання, рівному 1 лм (лк = $1 \text{ лм}/\text{м}^2$). Освітленість можна оцінити орієнтуючись на те, що освітленість Землі в місячну ніч становить приблизно 0,2 лк, а в сонячний день доходить до 100 000 лк. Здатність сприймати об'єкт називається видимістю [49].

4.12 Шум, його характеристика, види шуму

Людина завжди жила в оточенні звуків і шуму. Звуком називаються такі механічні коливання зовнішнього середовища, які сприймаються слуховим аналізатором людини (від 16 до 20 000 Гц/с). Коливання більшої частоти називають ультразвуком, меншої – інфразвуком. Шум – це набір

звуків різної інтенсивності і частоти, що знаходяться в хаотичному, безладному поєднанні.

Швидкість поширення звукових хвиль при нормальному атмосферному тиску і температурі 200 °С складає: у повітрі – 344 м/с; у воді – 1500 м/с; в тканинах тіла людини – (1500 ... 1600 м/с).

У вільному просторі звукові хвилі поширюються від джерела звуку в усіх напрямках з однаковою швидкістю, натомість у замкнутому просторі (приміщеннях) вони багаторазово відбиваються від огорожувальних поверхонь, якими є стіни, стеля, підлога, при цьому рівень звуку згідно з законами фізики може змінюватись.

Зростання рівнів виробничих шумів, котрі суттєво перевищують нормативні значення, шкідливо впливає на людський організм, знижує продуктивність праці і стає фактором ризику і виробничого травматизму. Основними фізичними характеристиками звуку є: частота (Гц), звуковий тиск P (Па), інтенсивність або сила звуку I (Вт/м²). Орган слуху людини здатен сприймати тиск, створюваний звуком, в широкому діапазоні частот – від порогу чутливості ($P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па) до порогу больових відчуттів ($P_6 = 2 \cdot 10^2$ Па) при стандартній частоті 1000 Гц [51].

Пороговим значенням, виражених в Па, відповідають певні значення сили звуку (поріг чутливості $I_0 = (10 \dots 12$ Вт/м², поріг больового відчуття $I_6 = 102$ Вт/м²).

На практиці для характеристики шуму прийнято вимірювати його інтенсивність і звуковий тиск не в абсолютних фізичних величинах, а логарифмами відношень цих величин до умовного нульового рівня, що відповідає порогові чутливості стандартного тону частотою 1000 Гц. Ці логарифми називають рівнями інтенсивності звукового тиску і виражають у белах (Б). Оскільки орган слуху людини спроможний розрізняти зміни рівня інтенсивності звуку на 0,1 Б, то для практичного використання зручнішою є одиниця в 10 разів менша – децибел (дБ).

Рівень інтенсивності різних звуків на віддалі 1 м становить у дБ: шепіт – (10 ... 20); голосна мова – (60 ... 70); шум на вулиці – (70 ... 80); шум потягу – 110; шум реактивного двигуна – (130 ... 140).

За походженням розрізняють такі види шуму:

- аеродинамічний, виникає при русі повітря, газів;
- механічний, виникає під час тертя, ударів, коливань окремих деталей, обладнання загалом;
- гідравлічний, виникає при русі води та інших рідин.

За часом дії шум може бути постійним і непостійним, а останній, у свою чергу, поділяється на коливний, переривчастий та імпульсивний. При постійному шумі рівень звуку змінюється за 8-годинний робочий день не більше ніж на 5 дБ. Для непостійного шуму характерна зміна рівня звуку протягом робочого дня: для мінливого (безперервно коливається у часі) – більш ніж 5дБ; переривчастого (змінюється ступінчасто з інтервалами 1 секундою і більше) – 5 дБ і більше, імпульсного (один або кілька звукових сигналів, кожен з яких довжиною менше 1 сек.) – не менше 7 дБ.

Якщо максимум рівня звукового тиску спостерігається в інтервалі частот до 300 Гц, такий шум називається низькочастотним, якщо в діапазоні (300 ... 800) Гц – середньочастотним, а частоті понад 800 Гц – високочастотним [52].

4.13 Вплив шуму на організм людини. Нормування шуму

Шум справляє шкідливу фізіологічну дію на людський організм, зумовлює професійні захворювання. Шкідлива дія шуму на людину виявляється через пошкодження слухового апарату (140 дБ), травми нервової системи (150 дБ).

У людини, яка перебуває протягом 6-8 годин під дією шуму інтенсивністю 90 дБ, настає помірне зниження слуху, яке проходить через годину після припинення його дії.

Шум, що перевищує 120 дБ, дуже швидко викликає у людини втому, головний біль, порушує серцевий ритм, змінює кров'яний тиск, погіршує роботу органів дихання, негативно впливає на психіку. Чим вищий рівень шуму, тим згубніше він діє на людину. При великій інтенсивності шум викликає вібрацію в кістках черепа і зубах, в м'яких тканинах носа і гортані. Шум з інтенсивністю 160 дБ викликає смерть тварин протягом кількох хвилин, 180 дБ – втому металу, 190 дБ – вириває заклепки з конструкцій [46].

Тривалий та інтенсивний шум негативно відбивається на здоров'ї людини, її працездатності. Тривала дія шуму викликає загальну втому, може поступово призвести до втрати слуху і до глухоти. Під втратою слуху розуміють збільшення порогу чутливості на визначеній частоті, т.т. незворотне(стійке) зниження гостроти слуху від дії шуму. Для визначення втрати слуху проводять дослідження на 8-ми, на 4-х і на 2-х частотах. Оцінка результатів проводиться за середнім арифметичним значенням величини втрати слуху окремо для правого(о) і лівого(х) вуха на мовних частотах 500, 1000, 2000 Гц [47].

4.14 Заходи та засоби захисту від шуму

Допустимі рівні шуму та еквівалентні рівні шуму на робочих місцях, у виробничих приміщеннях і на території підприємства регламентуються ДСН 3.3.6.077-99. Максимальний рівень шуму, що коливається в часі та переривається, не повинен перевищувати 110 дБ, а максимальний рівень для інтенсивного шуму не повинен перевищувати 125 дБ [48].

Відповідно до нормативних актів захист працівників від шуму може здійснюватись як колективними засобами, так і індивідуальними. Колективні засоби спрямовані на зниження шуму в джерелах його виникнення та на шляху поширення. Вони поділяються на:

- архітектурно-планувальні, які ґрунтуються на впровадженні акустичних розробок при плануванні будівель, раціональному розміщенні

обладнання і робочих місць, а також зон і режимів руху транспортних засобів і вантажопотоків;

- організаційно-технічні – це застосування сучасного технологічного устаткування з низькими рівнями шуму, впровадження дистанційного керування машинами з підвищеними рівнями шуму і дистанційного контролю, заміна ударної взаємодії деталей машин безударними, дотримання режимів праці й відпочинку тощо;

- акустичні: звукоізоляції (ізоляція джерела шуму або приміщення від шуму, котрий проникає ззовні).

Звукоізоляція досягається створенням герметичної перешкоди на шляху поширення повітряного шуму у вигляді стін, кабін, кожухів, екранів, глушників, акустичної обробки приміщень з використанням звукопоглинальних пористих матеріалів. Індивідуальний захист працюючих від дії надмірного шуму здійснюється за допомогою зовнішніх і внутрішніх антифонів, протишумних касок, навушників, м'яких шоломів, які знижують рівень звукового тиску на (40 ... 50) дБ. Простими із внутрішніх протишумних засобів є вата, марля і т.п., вставлені у зовнішній слуховий прохід. Вата знижує шум до (3 ... 14 дБ), вата з воском – до 30 дБ при частотах в межах від 100 до 6000 Гц.

Антифони забезпечують зниження шуму до 30 дБ при частоті 50 Гц і до 40 дБ при частоті 2000 Гц. На даний час розроблені антифони з вибірковою здатністю пропускати звуки інших частот, а також навушники протишумні

ПШ - 00, каска протишумна ВЦННІОТ-2. вони є дуже ефективними засобами при високочастотних шумах. Слід пам'ятати, що при рівні шуму більше 120 дБ, навушники і вкладиши мало ефективні.

Особи, що приймаються на роботу, яка пов'язана з дією шуму, повинні проходити медичний огляд. У виробничих умовах нерідко виникає небезпека комбінованого впливу високочастотних та низькочастотних звуків, що призводять до порушення стану здоров'я людини [49].

4.15 Вібрація

Значний вплив на функціонування системи «людина – машина – навколишнє середовище» може спричиняти вібрація. Вона має руйнівну дію на організм людини, на обладнання, будівлі та споруди, знижує працездатність працівників, призводить до травматизму, професійних захворювань.

4.15.1 Вплив вібрації на організм людини

Під впливом вібрації в організмі людини спостерігаються зміни серцевої діяльності, нервової системи, спазми судин, порушення функції суглобів. Тривала дія вібрації викликає професійне захворювання – вібраційну хворобу.

Важливе гігієнічне значення має частота вібрації. Частоти порядку (35 ... 250) Гц найбільш характерні при роботі з ручними інструментами і сприяють розвитку вібраційної хвороби зі спазмами судин. Частоти нижче 35 Гц викликають зміни в нервово-м'язовій системі і суглобах. Найбільш небезпечними є резонансові вібрації, які співпадають з власною частотою коливань людського тіла або окремих органів (3 ... 6 Гц) [52].

При співпадинні власної і зовнішньої частот амплітуда коливань внутрішніх органів зростає. Між ними виникає тертя, яке призводить до порушення їх нормальної роботи. Область резонансу для голови в ортостатичному положенні при вертикальній вібрації знаходиться в зоні між (20 ... 30 Гц, при горизонтальній – (1,5 ... 2) Гц.

Вібраційна патологія займає друге місце після пневмоконікозів серед професійних захворювань. При дії на організм загальної вібрації у першу чергу порушується функція ЦНС й аналізаторів (зорового, слухового, вестибулярного і шкіряного). Вібрація є специфічним подразником для

вестибулярного аналізатора, зокрема, лінійні прискорення – для отолітового апарата, а кутові прискорення – для напівкруглих каналів [54].

У водіїв машин під впливом низькочастотної вібрації розвиваються паталогічні зміни у попереково-крижовому відділі хребта, розлади вегетативних функцій, порушень апетиту і сну.

Чималої шкоди здоров'ю працівників в умовах сучасного виробництва завдає локальна вібрація. Вона викликає у людей спазм судин рук, блідість пальців і долонь, зниження тактильної чутливості, відкладання солей у суглобах пальців, деформацію і зменшення рухливості суглобів. Охолодження і зволоження рук значно підвищує ризик розвитку вібраційної хвороби [55].

4.15.2 Гігієнічне нормування вібрації

Основний нормативний акт з охорони праці з допомогою якого формуються норми стосовно вібрації ДСН 3.3.6.039-99.

Вібрація може вимірюватись за допомогою абсолютних та відносних параметрів. Абсолютними є віброзміщення та віброприскорення. Основним відносним параметром вібрації є рівень віброшвидкості. Оскільки діапазон зміни параметрів вібрацій від порогових значень, за яких вона не шкідлива, до дійсних (руйнуючих) є великим, то зручно вимірювати не дійсні значення цих параметрів, а логарифми відношень дійсних значень їх до порогових. Таку величину назвали логарифмічним рівнем параметра, який вимірюється у децибелах (дБ).

Нормованими параметрами є середні квадратичні значення віброшвидкостей, їх логарифмічні рівні або прискорення в октавних смугах частот (для загальної та локальної вібрації) та в 1/3 октавних смугах (для загальної вібрації).

Для вимірювання параметрів вібрації застосовують механічні й електричні прилади. Найбільш поширеними є вимірювальні комплекси ІШВ -

1, НВА - 1, ШВК - 1, ВШВ - 003. Прилад ШВ - 1 забезпечує вимірювання віброшвидкості від 70 до 160 дБ та віброприскорення від 30 до 130 дБ стосовно порогових значень у діапазоні частот відповідно (10 ... 12500) Гц та (10 ... 2800) Гц.

Норми для загальної вібрації встановлені з урахуванням джерел виникнення окремо для транспортної, транспортно-технологічної і технологічної вібрацій. Гігієнічними нормами передбачені допустимі рівні локальних вібрацій на деталях керування машинами. Загальний час праці в контакті з ручними машинами, котрі викликають вібрацію, не повинен перевищувати 2/3 робочої зміни.

Одноразовий безперервний вплив вібрації, включаючи мікропаузи, котрі містить дана операція, не повинен перевищувати (15 ... 20) хв. Забороняється робота з пневматичними приладами при температурі нижче - 160 °С, високій відносній вологості і швидкості руху повітря більше 0,3 м/с [52].

Заходи і засоби захисту від вібрації. Заходи захисту від вібрації поділяються на колективні та індивідуальні. Засоби індивідуального віброзахисту – це спеціальне взуття на вібропоглинаючій платформі, віброзахисні рукавиці, наколінники, нагрудники, пояси, спеціальні костюми.

Колективні методи захисту спрямовані на зниження параметрів вібрації джерелом збудження і на шляхах її поширення. Вони у свою чергу поділяються на організаційні, технічні і лікувально-профілактичні.

Організаційні методи віброзахисту – застосування технологічних процесів з низькими рівнями вібрації і шуму; впровадження дистанційного керування, що виключає постійне перебування працюючого у зоні небезпечних рівнів вібрації; дотримання раціональних режимів праці й відпочинку; огорожувальні засоби, які перешкоджають проникненню людини до зони дії вібрації, тощо.

Технічні методи віброзахисту – це система заходів і засобів з покращення роботи машин, зменшення рівня вібрації технологічних

процесів, застосування додаткових пристроїв (віброізоляція, вібропоглинання та віброгасіння). Віброізоляція забезпечує зниження рівня вібрації використанням між джерелом вібрації та працюючим ізолюючих засобів – пружин, ресор, пневматичних та гумових подушок, прокладок, віброізолюючих опор, конструктивних розривів, заміна ударних навантажень на безударні [53].

Вібропоглинання використовується з метою трансформації енергії механічних коливань в інші види енергії, переважно в теплову, а також застосування антифазової синхронізації двох або кількох джерел збудження.

Віброгасіння – це зниження рівня вібрації машин та механізмів застосуванням додаткових пристроїв. Віброгасіння може бути статичним (спеціальні фундаменти для верстатів, моторів, пневматичні та пружинні підвіски в автомобілях) і динамічним (агрегати з дискретним збурюючим впливом, віброгасіння маятникового, пружинного, плаваючого та камерного типів).

Лікувально-профілактичні заходи віброзахисту – своєчасне проведення медичних оглядів працівників, що зайняті на роботах з вібродійними установками, контроль за гігієнічними параметрами у виробничих приміщеннях тощо.

4.15.3 Вимоги до розміщення підприємств, робочих і допоміжних приміщень. Основні санітарно-гігієнічні вимоги до розміщення виробництва

Майже усі види виробництва внаслідок своєї діяльності виділяють шкідливі, отруйні речовини, пил. Для уникнення негативної дії підприємств на навколишнє середовище, життя і здоров'я людей їх розміщення та будівництво, устаткування їх водопроводом, каналізацією, опаленням, вентиляцією, електротехнічними засобами проводиться згідно вимог діючих будівельних норм і правил, санітарних норм і норм технологічного проектування (ДНАОП 0.03-3.01-71, СНиП 2.10.02-84, СНиП 2.09.02.85).

При цьому враховують санітарну характеристику виробничих процесів, метеорологічні умови, напрямок вітрів тощо. При проектуванні систем водопостачання та каналізації необхідно впроваджувати такі технології, які б забезпечували належну підготовку та подачу води, відведення та очистку промислових стоків, найменшу забрудненість стічних вод, можливість утилізації та використання відходів виробництва.

Норма витрат води для життя та побутових потреб для цехів зі значним надлишком тепла на одну людину в одну зміну повинна складати 45 л, а в інших цехах – 25 л.

У гарячих цехах у відведених місцях монтують установки з охолодженою підсоленою водою (5 г солі на 1 л води), а між цехами, у вестибулях, приміщеннях для відпочинку встановлюють фонтанчики чи установки з газованою водою. Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до пристроїв життєвого водопостачання не може перевищувати 75 м.

Не можна розміщувати підприємства поблизу джерел водопостачання, у місцях можливих підтоплень. Як правило, виробничу зону розташовують з підвітряного боку щодо житлових кварталів та інших зон. При цьому звертають увагу на те, щоб у місцях організованого повітрязабору системами вентиляції вміст шкідливих речовин у зовнішньому повітрі не перевищував 30 ГДК для повітря робочої зони виробництва.

Не можна розташовувати нешкідливі виробництва, а також конторські приміщення над шкідливими виробництвами, оскільки при відкриванні вікон газу та пари можуть проникнути до цих приміщень [57].

Обсяг виробничого приміщення на одного працівника повинен складати не менше 15 м^3 , а площа приміщення – $4,5 \text{ м}^2$. Висота виробничих приміщень згідно з санітарними нормами повинна бути не менше 3,2 м, а складських та інших допоміжних приміщень – 3 м. Ширина основних проходів всередині цехів та дільниць має бути 1,5 м, а ширина проїздів – 2,5 м. Ширина виходів з приміщень повинна бути не меншою 1 м, висота – 2,2 м.

Двері та ворота, що ведуть безпосередньо на двір, необхідно обладнати тамбурами або повітряними (тепловими) завісами. При русі транспорту ширина воріт повинна бути на 1,6 м більше габариту транспорту. Порядок розташування устаткування та відстань між ним визначаються відповідними санітарними нормами. Наприклад, до устаткування, що має електропривод, ширина вільного підходу зі сторони робочої зони має складати не менше 1 м і 0,6 м – зі сторони неробочої зони.

На підприємстві допоміжні приміщення різного призначення розташовують разом, в одній будівлі та в місцях з найменшим впливом шкідливих факторів (шуму, вібрації тощо). Розрахунок планування санітарно-побутових приміщень проводиться залежно від санітарної характеристики виробничих процесів згідно з СнП 2.09.04-87.

4.16 Санітарно-захисні зони

Сучасне виробництво повинно орієнтуватись на безвідходні технології, які не забруднюють навколишнього середовища хімічними, фізичними, біологічними відходами. В іншому випадку, у разі неможливості впровадження безвідходних технологій, створюються санітарно-захисні зони (СЗЗ), які відокремлюють шкідливе виробництво від жилої забудови. Для промислових підприємств, залежно від характеру та потужності виробництва, санітарні норми передбачають 5 класів СЗЗ [53]:

- а) I клас - 1000 м (виробництва переважно хімічної промисловості);
- б) II клас - 500 м (виробництва хімічної та металургійної промисловості);
- в) III клас - 300 м (гірничо-збагачувальні комбінати, виробництва будівельних матеріалів);
- г) IV клас - 100 м (підприємства текстильної, легкої, харчової промисловості тощо);
- д) V клас - 50 м (великі друкарні, меблеві фабрики і ін.).

Використання СЗЗ регламентується санітарними нормами проектування промислових підприємств. Санітарно-захисні зони повинні бути озеленені, що сприятиме кращому захисту навколишнього середовища від шуму, газів, виробничого пилу тощо. Визначають величину СЗЗ залежно від концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі. СЗЗ мають дві межі. Внутрішня межа граничить з виробничим майданчиком. Зовнішня межа встановлюється на такій відстані від виробничого майданчика, яка забезпечує гранично допустиму концентрацію та гранично допустимий рівень шкідливих чинників в атмосферному повітрі.

Розміри СЗЗ для сільськогосподарських підприємств визначаються чинними санітарними нормами промислових підприємств. Так, для ферм великої рогатої худоби розмір СЗЗ становить 300 м, птахофабрик – 1000 м, свинокомплексів – 2000 м, для складів зберігання мінеральних добрив і пестицидів – 200 м, теплиць і парників з біологічним підігрівом – 100 м, сховищ фруктів й овочів – 50 м [54].

4.17 Безпека виробничого устаткування

Загальні вимоги безпеки виробничого устаткування, які нормуються в ГОСТ 12.2.003-91, за яким безпечність виробничого устаткування забезпечується: правильною розробкою конструктивних схем, елементів конструкцій, використанням засобів механізації, автоматизації та дистанційного управління, застосування у конструкціях засобів захисту, включення вимог безпеки до технічної документації з монтажу, експлуатації, ремонту, транспортування та зберігання устаткування тощо [58].

Таким чином, безпечність виробничого устаткування – це його відповідність вимогам безпеки праці під час монтажу, експлуатації, ремонту в умовах, установлених нормативною документацією. При проектуванні устаткування необхідно враховувати умови його експлуатації,

транспортування з тим, щоб при дії на нього метеорологічних факторів, сонячної радіації та інших чинників, воно не ставало небезпечним; не допустити випадкового руйнування окремих вузлів і деталей; передбачити необхідні технічні засоби захисту. Устаткування не повинно мати гострих країв, нерівних, гарячих чи переохолоджених поверхонь.

Якщо устаткування виділяє тепло, шкідливі речовини, створює шум, вібрацію та інше, то мають бути передбачені відповідні поглиначі, аби дія цих негативних факторів не перевищувала гранично допустимих рівнів у межах робочої зони.

Устаткування повинно бути оснащено засобами сигналізації про порушення нормального режиму роботи, а в необхідних випадках (у разі аварій, нещасних випадків, ввімкнення джерел енергії) – засобами автоматичної зупинки, гальмування. Причому необхідно унеможливити самовільне вмикання приводів робочих органів при відновленні подачі енергії.

При проектуванні і виготовленні устаткування необхідно враховувати антропометричні, фізіологічні, психофізіологічні та психологічні можливості людини. Робочі місця мають бути оснащені необхідними технічними засобами і забезпечувати зручність і безпеку працівникам.

Надзвичайно важливим є раціональне розміщення виробничого устаткування в робочій зоні. Дистанційне спостереження й управління технологічними процесами – найбільш ефективний захід запобігання виробничому травматизму і захворюванням на виробництві. Його застосовують у тих випадках, коли безпосереднє перебування оператора в робочій зоні з мотивів безпеки і технологічних особливостей неможливе, недоцільне або економічно не вигідне, наприклад при роботі з легкозаймистими, токсичними та іншими речовинами.

Дистанційне автоматичне управління виробничими процесами здійснюється відповідно до розроблених програм. Устаткування у процесі експлуатації не повинно забруднювати навколишнього середовища

шкідливими речовинами вище ГДК (ГДР) та створювати небезпеку вибуху чи пожежі.

Безпечність виробничого устаткування також залежить від умінь людини працювати з ним. Відомо, що від неправильних дій людини в системі ЛМС відбувається до 50 % аварій [52].

4.18 Безпека виробничих процесів

Загальні вимоги безпеки до виробничих процесів норми, яких визначені ГОСТ 12.3.002-75 [59].

Безпечність виробничого процесу – це властивість відповідних технологій відповідати вимогам безпеки праці під час проведення їх в умовах, установлених нормативною документацією.

Безпечність виробничих процесів залежить від вибору технологій, планування та обладнання виробничих приміщень; розташування виробничого устаткування та організації робочих місць; вибору вихідних матеріалів, способу зберігання та транспортування їх, готової продукції та відходів виробництва, професійного відбору та навчання працівників, застосування засобів захисту працівників; включення вимог безпеки до нормативно-технічної та технологічної документації, забезпечення вибухо та пожежобезпеки.

Виробничі процеси не повинні забруднювати навколишнє середовище викидами шкідливих та небезпечних речовин, а концентрація та рівень цих факторів – перевищувати допустимі норми.

Безпека будь-якого технологічного процесу має розглядатись як система взаємозв'язку робочих місць, умов праці, взаємодії людини з устаткуванням, де джерелом небезпеки може бути будь-який засіб праці.

Вірогідність нещасного випадку значно збільшується, як тільки людина попадає в область дії небезпечного або шкідливого фактора. Ці області називають небезпечними зонами. Небезпечною зоною може бути простір

біля піднімаючих конструкцій устаткування, простір біля приміщення, що перебуває в аварійному стані і т. п.

Необхідно володіти знаннями щодо різних технологічних процесів, які можуть мати фіксовані або нестабільні небезпечні зони. Нещасний випадок може мати місце лише тоді, коли людина потрапляє до зони дії небезпечного виробничого фактора (небезпечної зони).

Якщо всі робочі місця знаходитимуться за межами небезпечних зон, то безпека буде зведена до мінімуму. Досягненню цієї мети сприяє впровадження механізації та автоматизації виробничих процесів, дистанційного управління. Окрім того, всі технологічні операції повинні передбачати також систему управління і контролю за системою ЛМС, що забезпечить захист людей або аварійне відключення виробничого устаткування на випадок аварії.

Слід пам'ятати, що дотримання техніки безпеки та надійна робота механізмів, а також висока організація технологічного процесу є запорукою уникнення нещасного випадку також у небезпечній зоні. Від помилкових дій людини в системі ЛМС відбувається майже половина аварій. Для зменшення кількості помилок, зниження втомленості людини у процесі праці проводиться велика кількість різних заходів. Це, наприклад, тестовий підбір і навчання спеціалістів щодо оцінки сили, рухливості і зрівноваженості нервових процесів.

Під силою нервових процесів розуміють здатність нервових клітин витримувати надмірну дію екстремальних факторів. Рухливість нервової системи визначається за швидкістю реагування людини на різні сигнали середовища. Головною умовою при цьому є здатність швидко і надійно оцінювати складні і небезпечні ситуації і приймати вірне рішення. Під зрівноваженістю нервових процесів розуміють співвідношення збудження та гальмування між собою, тобто рівність або нерівність цих процесів в загальному балансі рефлекторної діяльності організму людини, в її здатності контролювати різносторонні виробничі процеси й управляти ними.

У виробничий процес для підвищення продуктивності праці та її безпеки слід впроваджувати досягнення ергономіки. Ергономіка (від грецьк. «ergos» робота, «nomos» закон) – наукова дисципліна, що комплексно вивчає людину в конкретних умовах її діяльності в сучасному виробництві, виявляє можливості і закономірності створення оптимальних умов для високопродуктивної праці, вдосконалення умінь та навичок працюючих. Усі технологічні процеси, операції мають відповідати системі стандартів безпеки праці, мати відповідні сертифікати і ґрунтуватись на сучасних досягненнях науки і техніки.

Застосування нових сучасних замкнутих безвідходних технологій, механізації, автоматизації, дистанційного управління і комп'ютеризації виробничих процесів сприяють усуненню або значному зменшенню дії шкідливих і небезпечних виробничих чинників, запобіганню нещасним випадкам, професійним захворюванням й аваріям.

4.19 Технічні засоби безпеки

У створенні безпечних умов праці широко застосовуються технічні засоби безпеки. Засоби захисту можуть бути об'єктивними (огороження, блокування, захисне укриття, запобіжні та вимикаючі пристрої, ізоляція, герметизація, заземлення) і суб'єктивними (таблички, сигнальні пристрої, застережливі написи). Останні не можуть гарантувати надійного захисту від дії вражаючих факторів, тому що загальний стан людини та її увага внаслідок втоми, шуму, вібрації, недостатнього освітлення та інших причин можуть погіршуватися, що спричиняє підвищення ймовірності виникнення нещасного випадку. Об'єктивні засоби захисту є більш надійними, оскільки вони запобігають контакту людини з джерелами небезпечних факторів [54].

ВИСНОВОК

Гібридна система опалення – це поєднання кількох видів енергій. Таких, як сонячна і вітрова, вугілля і солома, газ й відходи від тварин (рослин) і т.д.

Одна із ідей, запропонована докторантом Массачусетського інституту технологій Кетрін Онг і Рональдом С. Крейном (1972), професором Ахмедом Гонімом, описаний в своїй статті в *Журналі джерел енергії* [60].

На сьогоднішній день поточна ситуація фермерського господарства в с. Зелений Гай Дніпропетровської області наступна на фермі знаходяться 6 корів, 4 телиці, 8 биків, 120 голів курей, 20 гусей, 30 голів качок.

Маємо дві ферми, площа яких складає 11,1 м² і 10,4 м². Також маємо газове опалення на фермі. Але через те, що будівля не утеплена маємо великий перепад тепла, тобто велику втрату тепла.

Загальні тепловтрати першої ферми склали – 7,7 кВт, а другої ферми – 4,9 кВт.

Що таке біогазова установка? Біогазова установка – це комплекс споруд і технологічного обладнання, які інтегровані в єдину автоматичну систему керованого метанового бродіння.

Технологія отримання біогазу, склад будівельних споруд і устаткування біогазової установки відрізняється в залежності від сировини і специфіки проекту. Існують двостадійні та одностадійні біогазові комплекси. Одностадійна технологія використовується для більшості субстратів і таку технологію можна вважати базовою. Двостадійна технологія використовується для субстратів, які швидко розщеплюються, через що мають схильність до окислення.

Також ми розрахували біогазові установки при роботі установки щорічний вихід біогазу для різних видів тварин склав:

- для корів – 1042,44 м³;
- для биків – 1911,36 м³;

- для курей – 112,58 м³;
- для ремонтного молодняка – 456,69 м³;
- для качок – 34,25 м³.

Потенційна енергія біогаза виробленого за рік для кожного виду тварин складе:

- для корів – 36485,4 МДж ;
- для биків – 41697,6 МДж ;
- для курей – 3940,4 МДж ;
- для ремонтного молодняка – 15984,08 МДж;
- для качок – 1928,8 МДж.

Загальна потенційна енергія біогаза виробленого за рік складе – 27,8 МВт·год.

Отже можна дійти висновку, що для забезпечення потужності біогазової установки складе 35 МВт, але для цього потрібно буде лише придбати ще дві корови або одного бика.

При економічних розрахунках біогазової установки було розраховано щорічну економію, яка складе 1830436,06 грн / рік, а також розраховано чистий приведений прибуток 3234475,26 грн., термін окупності установки при даних розрахунках склав 4,4 роки.

Експлуатація теплового насосу при «звичайному тарифі» складає:

- економія 14938,56 грн;
- окупність 8,7 років.

При розрахунку вітрового агрегата по стандартній методиці ми отримали наступні результати: потужність на виході вітроагрегата, (Вт) :

$P_{BEU} = 679,3$; середньорічне вироблення енергії вітроагрегатом, (кВт·год/рік) $W_{C,Г} = 168,45$; середній річний прибуток - 380526,5 грн; термін окупності установки складає 4, 4 роки, що для окупності проекту є допустиме.

Безвідходна біотехнологія на базі метанового анаеробного зброджування надає змоги повною мірою вирішити питання ефективного використання та знешкодження гнойової біомаси та відходів рослинництва. Окрім цього ми отримуємо низку високорентабельних біотехнологічних продуктів, а саме: біогаз – високоцінний енергоносіє, біогумус – біодобриво, цінність якого неможливо переоцінити та очищену збагачену киснем воду.

Навіть за умови найменшого теоретичного виходу біогазу дане господарство матиме змогу щорічно отримувати еквівалент 80000 м³ природного газу або ж понад 230000 кВт·год електроенергії.

Отже, даному господарству я рекомендую змонтувати вітрову електростанцію в кількості 4-х штук, а також біогазову установку з об'ємом реактора (120 ... 170) м³.

Використання даних технологій матиме позитивний економічний ефект, що можливо стане поштовхом для збільшення поголів'я тварин. В цьому випадку я б рекомендувала не поспішати купувати другу БГУ, а при можливості перевести першу в термофільний режим роботи, що може майже на половину збільшити пропускну спроможність реактора.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

- 1 URL:<https://www.google.com.ua/maps/@49.5845359,30.6864991,7z?hl=ru> (20.09.2018);
- 2 ДСТУ - Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. Київ. Мінрегіонбуд України, 2011;
- 3 Тихомиров К.В. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция. - М.: Стройиздат, 1981г;
- 4 ДСТУ 3008:2015 ЗВІТИ У СФЕРІ НАУКИ І ТЕХНІКИ. Структура та правила оформлення –Київ,2016;
- 5 ДСТУ 4065-2001 Енергозбереження. Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги – Київ, 2002;
- 6 ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, Київ 2013;
- 7 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show> (11. 10. 2018);
- 8 СНиП II-Л.1-71* «Жилые здания. Нормы проектирования». – М.: Стройиздат, 1978 г;
- 9 URL: <https://alternative-energy.com.ua/uk/perspektivi-sonyachno> (дата звернення 20.10.18);
- 10 URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki> (дата звернення 25. 10. 18);
- 11 URL: <https://www.biotechprom.com/technologies/production-of-biogas> (дата звернення 11.07.19);
- 12 URL: <https://alternative-energy.com.ua/uk/biogazova-ustanovka-instrukciya-iz-ekspluataczii> (дата звернення 28. 01. 19);
- 13 URL:https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fbteg/ratushnyak_energozber/21.html (02. 20. 19);

14 Герасименко В. Г., Герасименко М. О., Цвіліховський М. І. та ін., Біотехнологія: Підручник, за заг. ред. В.Г. Герасименка. – К: Фірма «ІНКОС», 2006. – 647 с ;

15 Герасименко В.Г., Біотехнологія. – К.: Вища школа, 1989. – 342 с;

16 Герасименко В.Г. Біотехнологічний словник. – К.: Вища школа, 1991. – 167 с;

17 ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель. 2017;

18 ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель;

19 Методичні вказівки до виконання дипломної роботи з дисципліни «Екологічні основи безвідходних технологій» для студентів зі спеціальності 7.070.801 – екологія і охорона навколишнього природного середовища / Герасименко В. Г., Герасименко М.О., Мерзлов С.В., Харчишин В.М. та ін. ~ Біла Церква, 2006. – 22 с;

20 Екологічні основи безвідходних технологій: Методичні вказівки та робочий зошит до виконання лабораторно-практичних робіт для студентів зі спеціальності 7.070.801 – екологія та охорона навколишнього природного середовища / Герасименко В. Г., Мерзлов С.В. та ін. – Біла Церква, 2006.36 с;

21 ДСТУ 8302:2015 Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання зі зміною № 65 від 04березня 2016. Київ. ДП «УкрНдНЦ»,2016;

22 ДСТУ-Н Б В.2.6-146:2010 Настанова щодо проектування й налаштування вікон та дверей з фасадною теплоізоляцією з опорядженням штукатурками с отделкой штукатурками;

23 URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki> (дата звернення 18. 04. 19);

24 Захаров А.А. Практикум по применению теплоты и теплоснабжению в сельском хозяйстве, М, Колос,1985 г;

25 Амерханов Р.А. , Драганов Б.Х. . Проектирование систем теплоснабжения сельского хозяйства, Краснодар,2001 г;

26 URL: <https://www.viessmann.ua/uk/zhytlovi-budynky/hibrydni-prystroi.html> (дата звернення 10.05.19);

27 URL: <http://www.biteco-energy.com/biogazovye-ustanovki-3> (дата звернення 17.05.19);

28 Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the indication by labelling and standard product information of the consumption of energy and other resources by energy-related products. Europa (web portal). Процитовано 24 April 2011;

29 Commission Directive 98/11/EC of 27 January 1998 implementing Council Directive 92/75/EEC with regard to energy labelling of household lamps. European Union. 1998. Процитовано 18 May 2012 ;

30 URL: <http://text.normativ.ua/doc4116.php> (дата звернення 10.07.19);

31 ДСТУ ISO 17742:2017 Розрахунок енергоефективності та обсягів енергозбереження для країн, регіонів і міст ;

32 Марченко А.В. Енергоефективність використання біогазу в АПК України/ А.В. Марченко // Збірник тез доповідей VII Міжнародної науково - технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 28-29 листопада 2018 року. — Т. : ТНТУ, 2018. — Том 3. — С. 50. — (Електротехніка та енергозбереження).

33 URL: <https://heat-planner.com/site/heatpump> (дата звернення 07.10.19);

34 Боргіз П.П, Савін И.Н. Організація, планування і управління енергетичним підприємством, Київ, 2010;

35 Прузнер С.Л., Златопольский А.Н., Журавльов В.Г. Организация, планирования и управления энергетическим предприятием. М.: Высшая школа. 1981, 228 с;

36 Смирнов А.Д., Антипов К.М. Довідкова книжка енергетика. М: Энергоатоміздат. 1987;

37 Гольстрем В.А., Кузнецов Ю.Л. Энергетический довідник інженера. ДО.: Техніка. 1983;

38 ДСТУ 4065-2001 Энергозбереження. Энергетический аудит. Загальні технічні вимоги – Київ, 2002.

39 ДСТУ 8302:2015 БІБЛІОГРАФІЧНЕ ПОСИЛАННЯ. Загальні положення та правила складання – Київ, 2016.

40 URL: <http://www.osbb-inform.com.ua> (дата звернення 02.11.19).

41 Комбіновані системи електроживлення з поновлюваними джерелами енергії В. В. Каплун, В. В. Козирський, А. В. Петренко - К.: ЦТІ «Аграр Медіа Груп», 2011. - 330 с.: іл. 134.

42 URL: https://studbooks.net/2011249/matematika_himiya (дата звернення 02.11 19) ;

43 URL: <http://kp.vaillant.ua/> (дата звернення 10.10.19);

44 Охрана труда от «А» до «Я». 9-е изд., перераб. и доп. Авторы: Ефремова О.С., 2016 г. 504 стр. Это своего рода хрестоматия, которая содержит основной объем сведений, необходимых для повседневной работы специалиста по ОТ;

45 Охрана труда для руководителей и специалистов предприятий. Автор: Беляков Г.И., 2017 г. 584 с.;

46 Охрана труда. Сборник нормативных документов. Изд.-Гросс Медиа, 2006 г., 431 с.;

47 Охрана труда и техника безопасности. Учебник. 3-е издание, Автор Геннадий Беляко., 2017, 406 с.;

48 Межотраслевая инструкция по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве, Бубнов В. Г, Бубнова Н. В., стр. 80, 2017, 80 с.;

49 Коптев, Д.В. Охрана труда в строительстве: Учебное пособие для вузов. / Д.В. Коптев, В.И. Виноградов Д.В. Булыгин. - М.: Альянс, 2016. - 510 с.;

50 Титова, Г.Н. Охрана труда. Практические интерактивные занятия: Учебное пособие / Г.Н. Титова, Н.С. Громов и др. - СПб.: Лань, 2019. - 280 с.

51 ГОСТ 12.0.002-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Термины и определения (с Изменением N 1) – М., 2002;

52 Раздорожный А. А. Охрана труда и производственная безопасность: Учебно-методическое пособие - Москва: Изд-во «Экзамен», 2005. - 512 с.

53 Безопасность жизнедеятельности. Производственная безопасность и охрана труда. Издательство: Высшая школа., К.: 2015. - 432 с.

54 Охрана труда. Универсальный справочник. Издательство: АБАК, 2009. - 560 с.

55 Раздорожный А.А. Охрана труда и производственная безопасность. Издательство: Экзамен, 2007. - 512 с.

56 Бобкова О.В. Охрана труда и техника безопасности. Обеспечение прав работника. Издательство: Омега-Л, 2008. - 290 с.

57 ДНАОП 0.03-3.01-71 Настанова з проектування підприємств з виробництва залі бетонних виробів – К., 2003.

57 СНиП 2.10.02-84 Здания и помещения для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции (с Изменением N 1) – М., 1984;

58 СНиП 2.09.02.85 Производственные здания (с изменениями) – М., 1991.

59 ГОСТ 12.3.002-75 Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности (с изменениями) – К., 2019.

60 URL: <https://www.viessmann.ua/uk/zhytlovi-budyanky/hibrydni-prystroi.html> (дата звернення 11.10.2019);