МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ КОМП'ЮТЕРНОЇ ФІЗИКИ
ТА ЕНЕРГЕТИКИ
Кафедра фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології

Пояснювальна записка
до дипломної роботи
за освітньо-професійним рівнем «магістр»

«Дослідження ефективності використання альтернативних джерел енергії на підприємствах харчової промисловості»

Виконав: ст. 2 курсу, група НФ-61
Зибіна Т. С.
Спеціальність:
105 Прикладна фізика та наноматеріали
Керівник: Кулик О.П.
Рецензент: Круглякова О.В.

Харків – 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

Інститут Навчально-науковий інститут комп'ютерної фізики та енергетики
Кафедра фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) магістр
Спеціальність 105 «Прикладна фізика та наноматеріали»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ О.П. Кулик

"____"_____2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)
Зибіна Тетяна Сергіївна

1. Тема роботи Дослідження ефективності використання альтернативних джерел енергії на підприємствах харчової промисловості_____
керівник роботи _____
затверджені наказом по університету від "__"_____2023 року №____
2. Строк подання студентом роботи 07.12.2023_____
3. Перелік питань, які потрібно розробити
Аналіз сучасного стану використання сонячної енергії. Аналіз конструктивних та режимних параметрів роботи фотоелектричних установок. Аналіз конструктивних та режимних параметрів роботи геліоустановок для гарячого теплопостачання. Розробка заходів по застосуванню альтернативних джерел енергії при виробництві пива.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Аналіз сучасного стану використання сонячної енергії. Аналіз конструкції фотоелектричних та геліосистем для гарячого водопостачання.
2	Розрахунок споживання електроенергії та гарячої води на пивзаводі.
3	Розрахунок фотоелектричної системи для забезпечення виробництва електричною енергією
4	Розрахунок геліосистеми для забезпечення виробництва гарячою водою

5. Дата видачі завдання_____

Студент _____ Зибіна Т. С.
підпис

Керівник роботи _____ **Кулик О.П.**
підпис

ЗМІСТ

ВСТУП...……..…....7
1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ……..…...9
1.1 Загальносвітовий досвід використання сонячної енергії……..……9
1.2 Стан розвитку сонячної енергетики в Україні……..11
2. ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ……..…16
2.1 Види сонячного випромінювання……..…16
2.2 Характеристики та конструкція геліоколекторів…….....18
2.2.1 Фотоелектричні елементи……....23
2.2.2 Геліосистеми для опалення та гарячого водопостачання…….....26
3. АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ПИВНОГО ВИРОБНИЦТВА……29
3.1 Основні етапи виробництва пива…….....29
3.2 Машинно-апаратурна схема лінії виробництва пива……...32
4. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ПО ЗАСТОСУВАННЮ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПИВА…..…….....36
4.1 Вихідні дані для розрахунку ……..36
4.2 Визначення витрати електроенергії…….....36
4.3 Визначення витрати гарячої води……..……40
4.4 Розрахунок фотоелектричної системи для забезпечення виробництва електричною енергією……..46
4.5 Розрахунок геліосистеми для забезпечення виробництва гарячою водою……..50
ВИСНОВКИ……...55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……56

РЕФЕРАТ

Зибіна Тетяна Сергіївна. «Дослідження ефективності використання альтернативних джерел енергії на підприємствах харчової промисловості». Кваліфікаційна робота магістра прикладної фізики та нанотехнологій. – ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2023. – 58 с.

Ключові слова: СОНЯЧНА ЕНЕРГІЯ, СОНЯЧНА РАДІАЦІЯ, ГЕЛІОКОЛЕКТОР, ГЕЛІОСИСТЕМА, ФОТОЕЛЕКТРИЧНИЙ ЕЛЕМЕНТ, ВИРОБНИЦТВО ПИВА.

Метою роботи є дослідження ефективності використання альтернативних джерел енергії, зокрема сонячної, на підприємствах харчової промисловості, у даному випадку, що займаються виготовленням пива.

Основними завданнями роботи є: проведення аналізу сонячної енергетики як альтернативного джерела енергії; аналіз досвіду країн, у тому числі України, щодо впровадження сонячної енергетики для забезпечення енергетичних потреб; вивчення різновидів обладнання, яке використовується для вироблення електроенергії за допомогою сонячного випромінювання; вивчення основних етапів виробництва пива; проведення розрахунків витрат електроенергії та гарячого водопостачання на підприємстві з вироблення пива; проведення розрахунків геліосистем для забезпечення підприємства електроенергією та гарячою водою.

Дипломна робота містить: 58 сторінок, 9 рисунків, 10 таблиць, 22 джерела.

ABSTRACT

Zybina Tetyana Serhiivna. "Study of the effectiveness of the use of alternative energy sources at food industry enterprises." Master's thesis in applied physics and nanotechnology. – V.N. Karazin KhNU, 2023. – 58 p.

Key words: SOLAR ENERGY, SOLAR RADIATION, SOLAR COLLECTOR, HELIOSYSTEM, PHOTOELECTRIC ELEMENT, BEER PRODUCTION.

The purpose of the work is to study the effectiveness of using alternative energy sources, in particular solar energy, at food industry enterprises, in this case, engaged in the production of beer.

The main tasks of the work are: analysis of solar energy as an alternative source of energy; analysis of the experience of countries, including Ukraine, regarding the implementation of solar energy to meet energy needs; studying the types of equipment used to generate electricity using solar radiation; studying the main stages of beer production; calculation of electricity and hot water consumption at the beer production enterprise; carrying out calculations of solar systems to provide the enterprise with electricity and hot water.

The thesis contains: 58 pages, 9 figures, 10 tables, 22 sources.

ВСТУП

Сучасна харчова промисловість, що є невід’ємною складовою суспільства, не лише визначається своєю здатністю задовольняти високий попит на продукцію, але й стикається із суттєвими викликами, пов'язаними зі збереженням природних ресурсів та навколишнього середовища. У цьому контексті виникає необхідність розглядати та впроваджувати енергоефективні технології, зокрема застосування альтернативних джерел енергії.

Дипломна робота присвячена дослідженню ефективності використання альтернативних джерел енергії на підприємствах харчової промисловості, зокрема тих, що займаються виготовленням пива. У контексті постійного зростання енергетичних потреб та світового урбанізаційного процесу, впровадження більш сталих та більш екологічно чистих методів енергозабезпечення стає актуальною та стратегічною необхідністю для галузі, яка спрямована на виробництво великого обсягу продукції.

У розділах, що слідують за вступом, розглядаються різноманітні аспекти використання альтернативних джерел енергії, аналізуються загальні тенденції світового досвіду використання сонячної енергії, досліджується стан розвитку сонячної енергетики в Україні.

У розділах "Машинно-апаратурна схема лінії виробництва пива" та "Розробка заходів по застосуванню альтернативних джерел енергії при виробництві пива" докладно вивчено основні етапи та аспекти виробництва пива, зокрема використання альтернативних джерел енергії для оптимізації енергозабезпечення на підприємствах харчової промисловості.

Враховуючи стійке зростання світового попиту на продукцію харчової галузі та одночасно усе більше зростаючі вимоги до екологічної відповідальності підприємств, ефективне використання енергії стає ключовим аспектом у забезпеченні сталості виробництва. Дипломна робота спрямована на практичне впровадження висновків та рекомендацій, які базуються на здобутих знаннях із сучасних технологій використання альтернативних джерел енергії.

Велике значення має і практична сторона роботи, оскільки запропоновані заходи можуть бути легко адаптовані до конкретних умов роботи підприємств, забезпечуючи при цьому значний вплив на покращення ефективності виробництва та зниження значного впливу на довкілля.

Метою даної дипломної роботи є не лише виявлення можливостей застосування альтернативних джерел енергії на підприємствах харчової промисловості, але й розробка конкретних практичних рішень для підвищення енергоефективності та зменшення екологічного відбитку даного сектору промисловості.

1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

1.1 Загальносвітовий досвід використання сонячної енергії

Протягом останніх десятиліть стало важливим безперервне забезпечення енергетичних потреб людства, при цьому слідуючи за світовим трендом, який передбачає зниження шкоди навколишньому середовищу та розуміння вичерпності матеріалів, які застосовуються для отримання енергії для потреб людства. Саме тому все частіше використовуються відновлювальні (альтернативні) джерела енергії, популярність запровадження яких з року в рік набуває все більшої популярності.

Однак не дивлячись на те, що об'єкти, які хоч і використовують відновлювальну енергію, в той же час вони є більш капіталоємними порівняно з традиційними. Таким чином, для забезпечення їхнього нормального функціонування необхідні значні інвестиції. Тому дуже важливою є роль державної підтримки, прозорі та ефективні заходи якої впроваджують передові країни для залучення приватних інвестицій у галузь відновлюваної енергетики [14].

Наприклад, у Німеччині, яка очолює список країн ЄС за загальною потужністю сонячних установок, впровадження сонячних систем для теплопостачання, таких як опалення, що відбувається разом із підвищенням ефективності теплозахисту будівель, утилізацією теплових викидів та загалом зменшенням енерговитрат. Використання систем сонячно-теплопомпового теплопостачання для індивідуальних житлових будинків із вакуумними сонячними колекторами може забезпечити до 70% енергетичних потреб. Зокрема, слід відзначити успішний проект "Тисяча дахів" у Німеччині, де 2250 будинків були обладнані фотоелектричними установками. Ключову роль у проекті відіграє електрична мережа, яка компенсує дефіцит енергії і, у разі її надмірного виробництва, передає її у мережу.

Більше половини всіх сонячних колекторів у світі розташовані в Китаї. Країни, такі як Німеччина, Індія, Іспанія, Данія, Швеція та інші, визначаються як основні споживачі сонячної енергії. Загальна площа сонячних колекторів у світі у

2008 році становила: 3,5 млн. $м^2$ в Ізраїлі (де за допомогою сонячної енергії нагрівається близько 80% води), понад 10 млн. $м^2$ в США та 8 млн. $м^2$ в Японії.

Сонячна енергія широко використовується для виробництва електроенергії, яка подається в енергетичні системи підприємств, населених пунктів, фермерських господарств, островів, космічних станцій тощо. Близько 7 мільйонів будинків по всьому світу на сьогоднішній день обладнані сонячними батареями.

За прогнозами, саме в XXI столітті очікується різке збільшення використання сонячної енергії, і саме сонячна енергетика має високі шанси стати одним із основних джерел відновлювальної енергії. Зокрема Європейський Союз планує встановити приблизно 60 гігаватт сонячних електростанцій до 2023 року. Згідно з новим звітом промислової групи SolarPower Europe, у 2022 році в ЄС було встановлено рекордні 41,4 гігаватт потужностей сонячної енергії, що є на 47% більше, ніж у 2021 році. Провідними країнами у встановленні сонячних електростанцій стали Німеччина, Польща та Іспанія. Зазначено, що сонячні електростанції, що були встановлені у 2022 році, забезпечили електроенергією 12,4 мільйона будинків. Потужність блоку з виробництва електроенергії з цього відновлюваного джерела зросла на 25% протягом року. Згідно з висновками експертів Міжнародного енергетичного агентства, ЄС повинен встановити близько 60 гігаватт сонячних електростанцій у 2023 році для компенсації дефіциту російського газу.

Топ-9 країн ЄС, які встановили найбільше сонячних електростанцій:

- Німеччина – 8 ГВт, за допомогою економічно ефективних рішень через високі ціни на енергію (через залежність від експорту електроенергії);
- Іспанія – 7,5 ГВт, кількість сонячних установок зросла на 55%, через енергетичну кризу в країні стала зростати в тому числі сонячні панелі на дахах приватних будинків;
- Польща – 4,9 ГВт;
- Нідерланди – 4,0 ГВт;
- Франція – 2,7 ГВт;

- Португалія – порівняно з 2021 роком, кількість встановлених сонячних батарей зросла на 251%;
- Данія;
- Греція;
- Швеція.

Взагалі план «REPowerEU» створений для того, щоб збільшити використання відновлюваних джерел енергії до 45% в ЄС до 2030 року. Також Європейська комісія офіційно розпочала роботу Альянсу сонячної фотоелектричної промисловості ЄС з метою відновлення внутрішнього виробництва компонентів для сонячних електростанцій [21].

1.2 Стан розвитку сонячної енергетики в Україні

Україні знадобилося більше десяти років, щоб перетворити сонячну енергетику з екзотичної сфери на економічний сегмент, який динамічно розвивається. Можна стверджувати, що кожен рік сонячна енергетика набирає все більшої популярності для забезпечення енергією підприємства малого бізнесу, а також з року в рік більш широко використовується у приватних цілях, таким чином забираючи у традиційної невідновлюваної енергетики її переважання на ринку.

У 2019 році в Україні вироблено загалом 1,8 гВт електроенергії за допомогою сонячної енергії. Звичайно, не можна стверджувати, що це значні обсяги, якщо порівнювати з країнами, де стабільний приріст вироблення сонячної енергії оцінюється щорічно на 30-40%. Але одночасно, показник у 1,8 гВт надає Україні високі шанси до 2030-2035 років потрапити до ряду країн, які забезпечують чверть своїх енергетичних потреб за рахунок альтернативних джерел. У той же період інші країни Європи можуть досягти понад 60% виробництва на рік. А такі країни як Німеччина, Великобританія і Франція можуть досягти щорічних обсягів сонячної енергії на рівні 85% від загального обсягу і повністю відмовитися від двигунів внутрішнього згоряння на території ЄС до 2050 року [9].

Слід зазначити, що технології, що використовуються в українських сонячних електростанціях, постійно розвиваються. Наприклад: були розроблені нові реверсивні сонячні панелі, які мають можливість генерувати та зберігати енергію не тільки вдень, а і вночі; також набуває популярності використанню високоефективних тонкоплівкових панелей на основі рідкоземельних елементів, що дозволяє отримувати сонячну енергію більш економічно.

Значним поштовхом у набутті популярності використання сонячних електростанцій в Україні у промислових і приватних масштабах, стало прийняття в 2015 році закону про "зелений тариф". Цей закон зобов'язав державу викуповувати надлишки "зеленої" електроенергії, яку виробляють сонячні електростанції, від сторін, мають бажання її продавати.

Ставки були розраховані до 2030 року і "заморожені" в валюті. У перерахунку на "гривневий", актуальний в 2019 році, курс, ці ставки складали:

- 5,3268 грн. за кВт / год – до 1 січня 2020 року;
- 4,7878 грн. за кВт / год – до 1 січня 2025 роки;
- 4,2646 грн. за кВт / год – до 1 січня 2030 року [8].

Чинний на той час тариф Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, становив 1,69 грн/кВт-год, із середньорічним зростанням на 20%, що робить гібридні та мережеві фотоелектричні станції гібридні та втричі вигіднішими для встановлення. В результаті інтенсивного розвитку сонячної енергетики в Україні, ринок у приватному житловому секторі за чотири роки зріс більш ніж у 200 разів – з 40 до 8100 сонячних електростанцій [18].

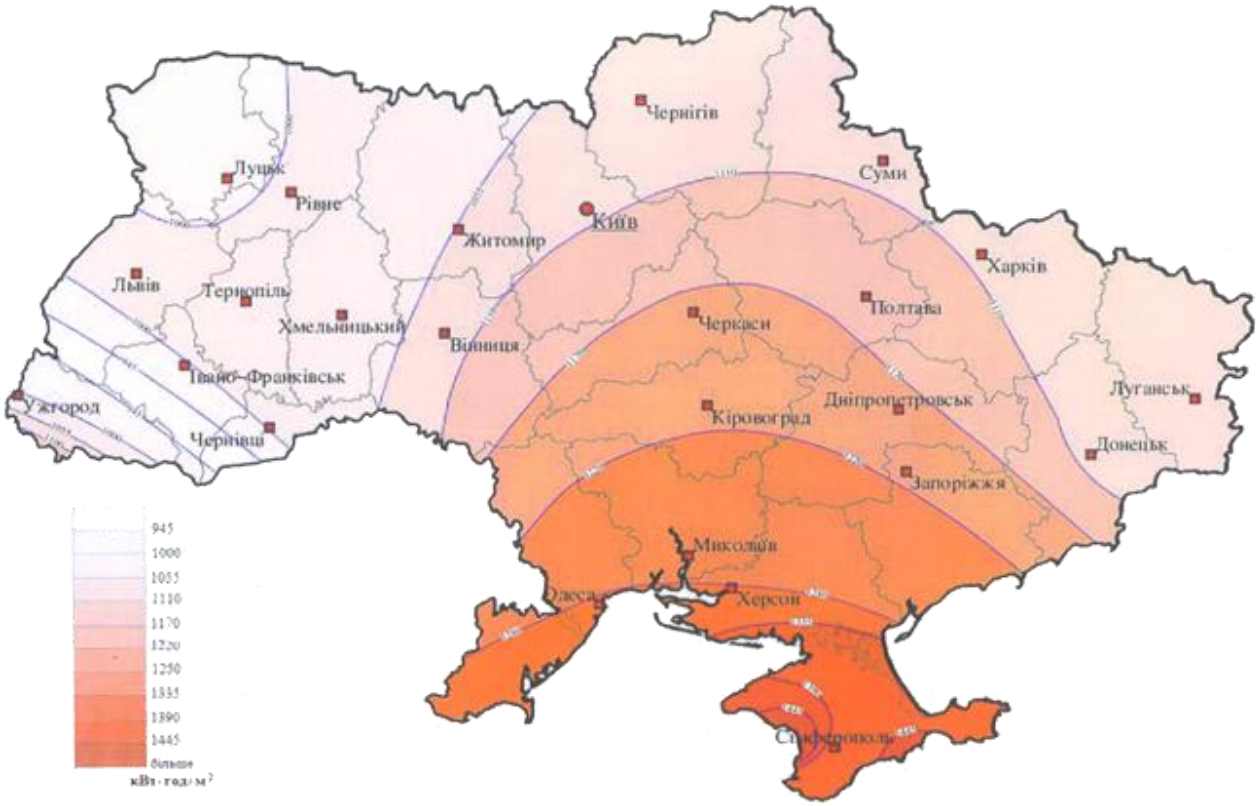
Також слід зазначити, що географічне розташування України є кращим ніж у інших країн, у яких сонячна енергетика розвинена на вищому рівні. Згідно з інформацією, яка надається Інститутом відновлюваної енергетики НАН України, середня кількість сумарної енергії сонячної радіації в рік та території України коливається від 950 до 1445 Вт/км^2 [4].

Південні регіони України (Одеська, Миколаївська, Херсонська, Запорізька, області) мають найбільший потенціал для розвитку сегменту сонячної енергетики.

Установки для вироблення енергії за допомогою сонячних панелей можливо ефективно використовувати протягом усього року, але основна ефективність роботи буде припадати на період квітня по жовтень (сім місяців у рік) у південних областях України, з травня по вересень (п’ять місяців у рік) – у північних [16].

За інтенсивністю сонячної радіації територію України умовно можна розділити на чотири зони (рис. 1.1).

- I зона –1350 кВт·год /(км^2·рік) і більше;
- II зона – 1250 кВт·год /(км^2·рік);
- III зона – 1150кВт·год/(км^2·рік);
- IV зона – 1000кВт·год/(км^2·рік).



Розподіл питомої сумарної сонячної радіації на території України протягом року
(Національний атлас України. – К.: ДНВП «Картографія», 2007)

Рисунок 1.1.Розподіл питомої сумарної сонячної радіації на території України протягом року (кВт·год /м^2) [12]

В Україні є можливість виробляти більше електроенергії шляхом вдосконалення технологій, які використовуються у сегменті сонячної енергетики, а

також введення в експлуатацію більшої кількості сонячних електростанцій. При цьому важливо враховувати досвід країн, де рівень сонячного випромінювання є більш надійним та світових тенденцій сталого зниження собівартості спорудження СЕС внаслідок постійного вдосконалення новітніх технологій.

Фотоелектричні елементи – найбільш поширені в Україні пристрої, за допомогою яких сонячну енергію перетворюють на електричну в Україні. Потреби вітчизняних споживачів задовольняються численними резервами сировини та наявністю науково-технічної та промислової бази для виготовлення фотоелектричних пристроїв. При цьому, можливості даного сектору забезпечують експорт більше двох третин продукції, що була вироблена [15].

Інвестиції надходять в українську сонячну енергетику здебільшого від китайських компаній, а також значна частка інвестицій припадає на ДТЕК, що є одною з найбільших приватних енергетичних компаній України.

Іноземні компанії, що спеціалізуються на виробництві високоефективних тонкоплівкових панелей на основі рідкоземельних елементів, також почали працювати на українському ринку. Хоча кількість великомасштабних фотоелектричних проектів в Україні наразі не дуже велика, очікується, що в найближчі кілька років буде запущено понад 15 промислових сонячних електростанцій.

Україна має одні з найпотужніших сонячних електростанцій в Європі, включаючи ДТЕК Покровську СЕС та ДТЕК Нікопольську СЕС. Остання є однією з найпотужніших електростанцій потужністю 246 МВт, в яку інвестували China Machinery, ЕС та ДТЕК [5].

Розташовані поруч з просторими полями "техно насаджень" в Дніпропетровській області, до зеленого портфеля ДТЕК ВДЕ також входить ДТЕК Трифонівська СЕС - перший проєкт компанії у галузі сонячної енергетики. ДТЕК виступає одним із піонерів у впровадженні відновлювальних джерел енергії в Україні та інвестує 1,2 млрд євро у розвиток зеленої генерації для забезпечення енергетичної незалежності України.

У 2020 році три сонячні станції ДТЕК ВДЕ виробили в енергосистему України такий обсяг електроенергії, який забезпечив енергією 388 тисяч домогосподарств протягом року. Застосування цієї зеленої енергії допомогло уникнути викиду в атмосферу еквівалента 813 тисяч тонн CO^2 [19].

2. ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ

2.1 Види сонячного випромінювання

Сонячне випромінювання з-поза меж атмосфери відоме як позаземне випромінювання є майже постійним і становить в середньому 1367 Вт/м². Однак це значення коливається в межах ±3,3% через рух Землі навколо Сонця. Приблизно 47% позаземного сонячного випромінювання знаходиться у видимому спектрі з довжиною хвиль від 380 нм до 780 нм.

Сонячне випромінювання є екологічно чистим, поновлюваним джерелом енергії, яке не утворює небезпечних відходів. Запаси сонячної енергії величезні: щорічно отримують 1,05-10^18 кВт-год сонячної енергії, з яких 2,0-10^17 кВт-год припадає на земну поверхню [11].

46% сонячної радіації – це інфрачервоне випромінювання з довжиною хвиль понад 780 нм, тоді як ультрафіолетове випромінювання з довжиною хвиль менше 380 нм становить 7% космічної сонячної радіації. Частина сонячної радіації поглинається і розсіюється при проходженні через атмосферу, в результаті чого на поверхню Землі потрапляє близько 1000 Вт/м² падаючої сонячної радіації. Це випромінювання, яке досягає земної поверхні без зміни напрямку, називається прямим або променевим випромінюванням. Крім прямого випромінювання, земна поверхня також отримує дифузне випромінювання, відбите і розсіяне атмосферою. Сумарна сонячна радіація, що падає на горизонтальну поверхню, відома як сумарне опромінення, є сумою дифузної радіації, що падає на цю поверхню, проекції прямої нормальної радіації на горизонтальну площину і радіації, відбитої від поверхні землі. Ці три параметри є одними з найважливіших для розрахунку і прогнозування кількості електроенергії, виробленої сонячною електростанцією [22].

Кількість сонячної радіації, що досягає земної поверхні, залежить від багатьох факторів [10]:

- Широта місцевості;
- Час доби та пора року;

- Прозорість атмосфери;
- Хмарність;
- Характер підстильної поверхні;
- Висота над рівнем моря;
- Закритість/відкритість до горизонту.

Насамперед, найважливішими факторами, від яких залежить кількість отримання земною поверхнею радіації за добу, є широта і пора року. Пора року визначає тривалість світлового дня на кожній широті, тому зі збільшенням широти, світловий день стає коротшим взимку і довшим влітку. При цьому висота сонця, яка у свою чергу залежить від широти, пори року і доби, є також важливим фактором, який впливає на кількість сонячної радіації, яку може отримати горизонтальна поверхня

Широтна залежність сонячної радіації більш виражена взимку, коли сонячна радіація зменшується зі збільшенням широти. Влітку, зі збільшенням широти збільшується тривалість дня і прозорість атмосфери, що сприяє збільшенню прямої і сумарної сонячної радіації.

Збільшення хмарності зменшує пряму радіацію і збільшує розсіяну радіацію. Потік розсіяної радіації частково компенсує ослаблення потоку прямої сонячної радіації в атмосфері. Якщо сонце не закрите хмарами, сумарний потік радіації за наявності хмар вищий, ніж за відсутності хмар. У практичних умовах ефект підвищеної прозорості може бути нівельований впливом хмарності на поглинання радіації. Зменшення прозорості атмосфери призводить до збільшення розсіяного випромінювання.

Окрім прозорості та хмарності, на розсіяне випромінювання впливає також природа підстильної поверхні. Якщо відбивна здатність підстильної поверхні збільшується, потік розсіяного випромінювання значно зростає. При наявності снігового покриву збільшується відбиття прямої сонячної радіації, а розсіяна радіація зростає за рахунок вторинного розсіювання в атмосфері.

Зі збільшенням висоти над рівнем моря кількість прямої сонячної радіації зростає, що можна пояснити зменшенням оптичної товщини атмосфери. Тому

максимальне значення потоку сонячної радіації в гірських районах вище, ніж на рівнинах.

Значення потоку розсіяного випромінювання зменшується з висотою при ясному небі, що пов'язано зі зменшенням товщини розсіяного шару атмосфери. Під хмарним покривом потік розсіяного випромінювання в шарі під хмарами збільшується з висотою. У точках, розташованих на дні долин і улоговин, прихід прямої і сумарної радіації зменшується через закритий горизонт.

2.2 Характеристики та конструкція геліоколекторів

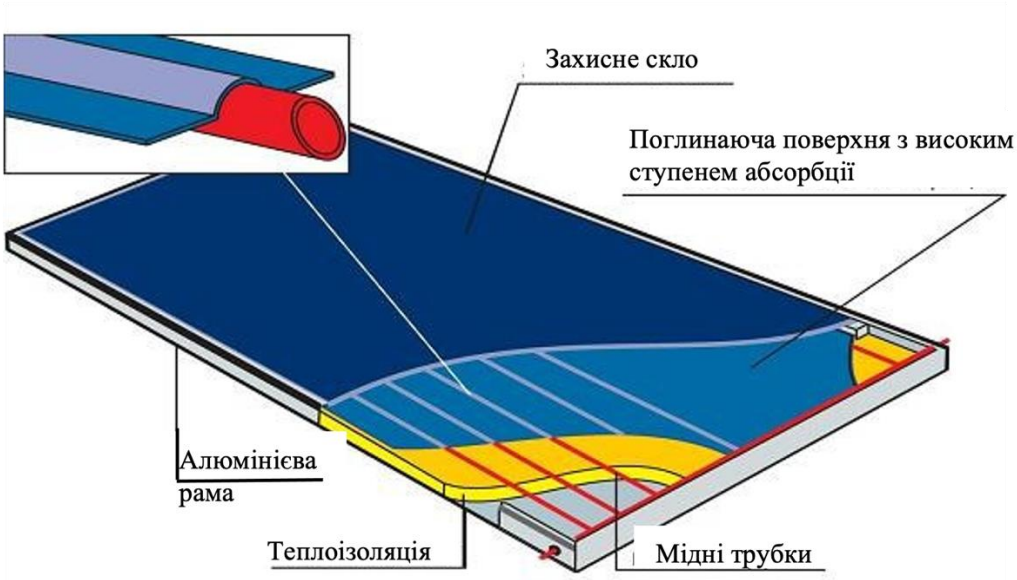
Геліоколектори – це пристрої, які виробляють теплову енергію з сонячного випромінювання. Вони абсорбують енергію світла сонця та перетворюють її в теплову енергію для нагріву теплоносія. Цей теплоносій може циркулювати для передачі тепла, наприклад, для обігріву води в системі гарячого водопостачання і/або опалення, а також для зберігання тепла в акумуляторних баках.

Геліостанції (сонячні електростанції – СЕС), які використовують сонячну енергію, абсолютно безшумні в експлуатації, однак вони потребують значних територій для установки і ефективного функціонування. Для кожного 1 МВт потужності СЕС необхідно принаймні 1,5 га землі. Через те, що випромінювання потрапляє на сонячні панелі не безперервно, енергія виробляється не постійно. На сьогодні СЕС забезпечують лише близько 4% електроенергії, виробленої з усіх джерел відновлювальної енергії у світі. Процес перетворення сонячної енергії в електроенергію передбачає використання фотоелектричних елементів.

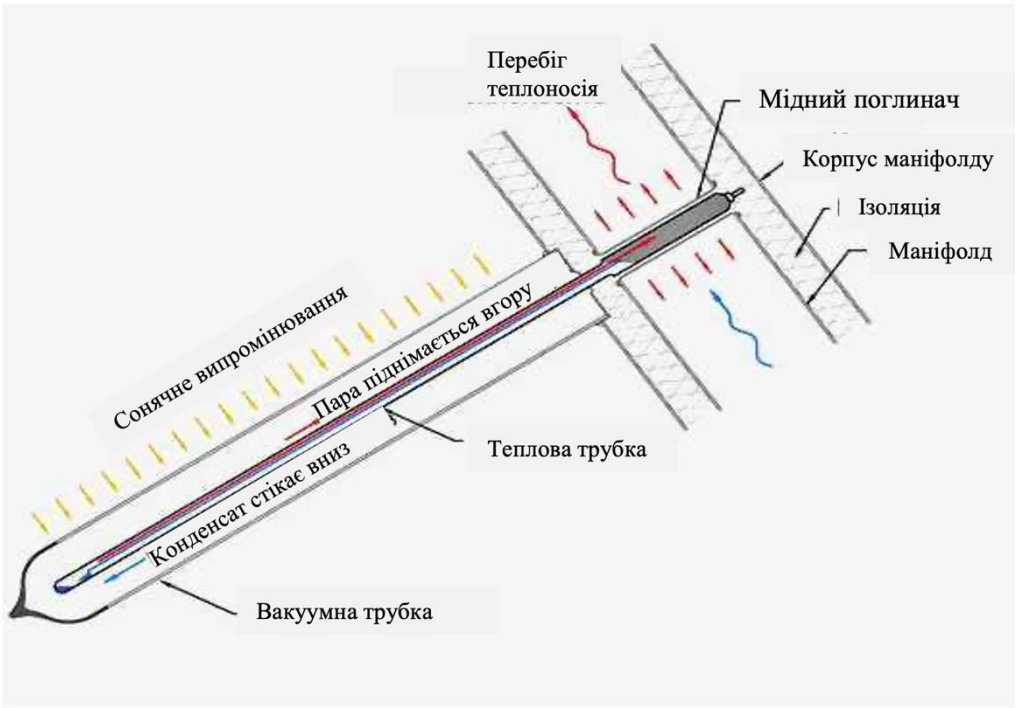
Використання енергії Сонця може частково задовольняти електроенергетичні потреби мешканців приватного сектору, паралельно до роботи електричної мережі. Для цього застосовують фотоелектричні елементи, розташовані на даху будинку.

У системі гарячого водопостачання приватних будинків можна використовувати сонячні колектори (геліоколектори), які здатні підігрівати воду до 70 °С. Сонячні колектори конвертують протягом дня сонячну енергію в тепло, яке нагріває воду, що була накопичена в теплоізольованих баках-акумуляторах. З них

вода подається в систему постачання гарячої води. Геліоколектори розташовуються на даху будинку, а накопичувальні ємності та додаткове обладнання встановлюються в технічних приміщеннях. Основними різновидами геліоколекторів є плоский і вакуумний геліоколектор. На рисунку 2.1 схематично зображено два різновиди геліоколекторів.



а



б

Рисунок 2.1. Види геліоколекторів:

а – плоский, б – вакуумний

Плоскі геліоколектори є простими та дешевими у виробництві, для їх виготовлення необхідні: абсорбер – елемент, що поглинає сонячне випромінювання, покриття з прозорого матеріалу та теплоізоляційний шар. Для того, щоб підвищити ефективність роботи плоского сонячного колектора, абсорбер виготовляють з листів міді, фарбують у чорний колір або покривають спеціальною оптичною селективною плівкою, для того щоб забезпечити максимальне поглинання сонячного випромінювання [6]. Екран як правило є прозорим та скляним або виготовленим з рифленого полікарбонату. Задню панель захищають теплоізоляційним матеріалом. Встановлюють плоский геліоколектор в основному на даху будинку, що надає йому можливість поглинати пряму і розсіяну сонячну радіацію. До основних переваг плоских геліоколекторів відноситься: проста та дешева конструкція, високий ККД, особливо у літній період, порівняно невисока вартість та здатність до самоочищення від інею та снігу. Основними недоліками є: низький ККД у зимовий період, ремонт окремого елемента при його пошкодженні неможливий, високі тепловтрати, досягти максимальної ефективності колектору можна лише при попаданні сонячних променів під кутом 90℃ [1].

Вакуумний геліоколектор складається з теплових трубок, зовнішня частина яких прозора, а внутрішня має високоселективне покриття. Між зовнішньою й внутрішньою скляною трубкою знаходиться вакуум, всередині трубки знаходиться теплоносій або рідина з низькою температурою кипіння. Принцип роботи полягає в тому, що необхідні сонячні промені потрапляють на поверхню абсорбера перпендикулярно до осі трубки, а все інше випромінювання, яке йде під іншим кутом, віддзеркалюється. До переваг вакуумного геліоколектора відноситься: високий ККД, низькі тепловтрати, здатність вловлювати і пряму і розсіяну сонячну радіацію, неможливість утворення корозії. До недоліків відносять: висока вартість, порівняно низький ККД взимку, крихкість трубок, невелика площа абсорбера, можливість переведення у режим стагнації, нездатність до самоочищення від інею та снігу [20].

На практиці можна зібрати обмежену кількість відновлюваної енергії з одиниці площі, застосовуючи сонячні геліосистеми. Питома продуктивність

сонячних систем виявляється відносно низькою, тому для того, щоб задовольнити перманентно зростаючий попит на енергію, необхідно збільшувати площу колекторів, які об'єднуються у геліополе (див. рис. 2.2). Це передбачає детальне проектування та розрахунок системи розподілу теплоносія. Існують одноконтурні та багатоконтурні геліополя (об’єднання декількох одноконтурних геліополів).

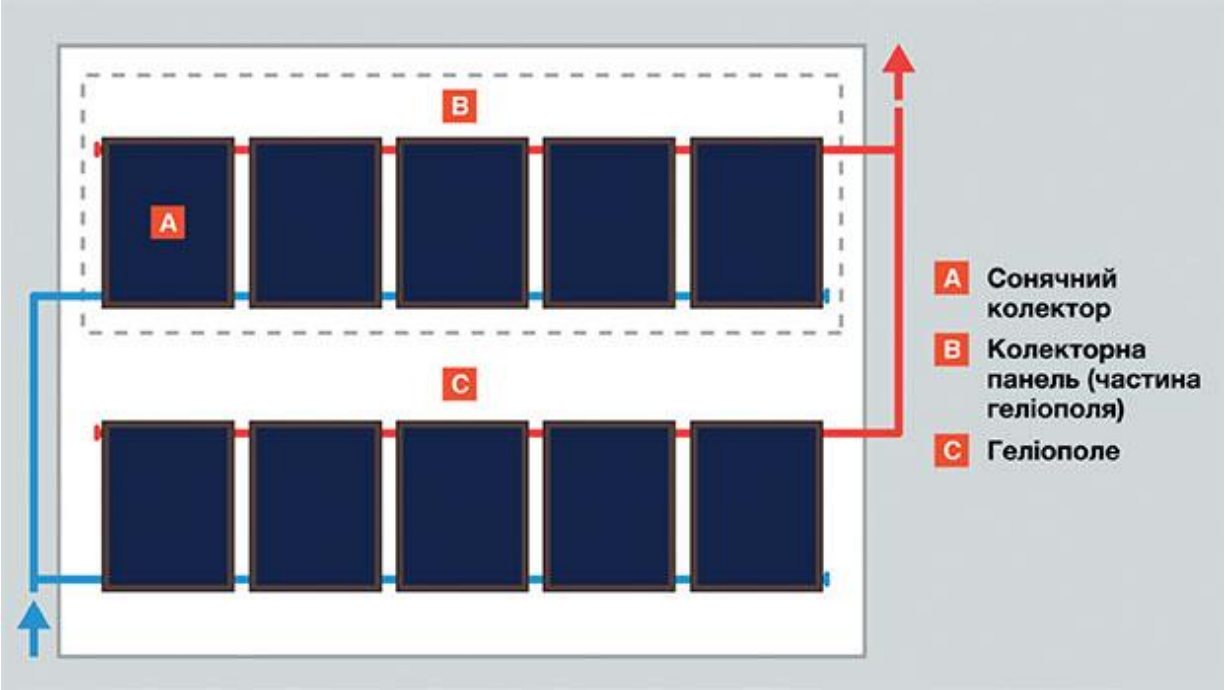


Рисунок 2.2. Складові геліополя

Колекторна панель з’єднана з подаючим та зворотним трубопроводами у геліополі з одноконтурним підключенням. На практиці можна здійснити з’єднання колекторів в одній панелі, щоб створити геліополе, достатньо великою кількістю способів. У єдину колекторну панель можна об'єднати пласкі колектори, які можуть бути підключені як одностороннім, так і двостороннім способом (див. рис. 2.3).

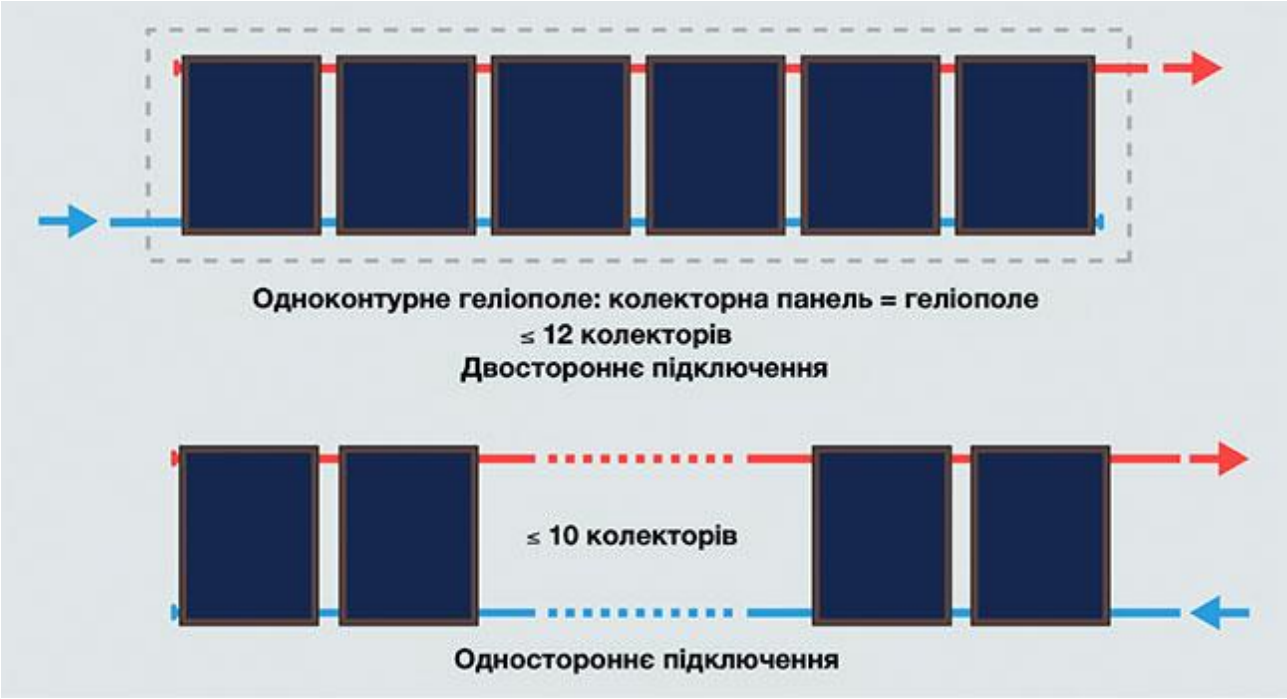


Рисунок 2.3. Варіанти підключення колекторів в одноконтурне геліополе (плоский колектор)

Вакуумні трубчасті колектори можуть бути об'єднані в колекторні панелі площею до 15 м^2. Їх також можна підключати одностороннім (верхній патрубок в колекторі закритий заглушкою і не з'єднується з трубопроводами), або двостороннім способом, але є моделі, підключення яких здійснюється виключно з одного боку (див. рис. 2.4). Для всіх типів колекторів необхідно забезпечити необхідну об'ємну витрату теплоносія [л/(год·м^2)], враховуючи втрати тиску, що залежать від типу колекторів і схеми їх підключення. Наприклад, при попутній схемі підключення, де для кожного колектора сума довжин подачі і відбору теплоносія однакова, можна відмовитися від балансувального клапану.

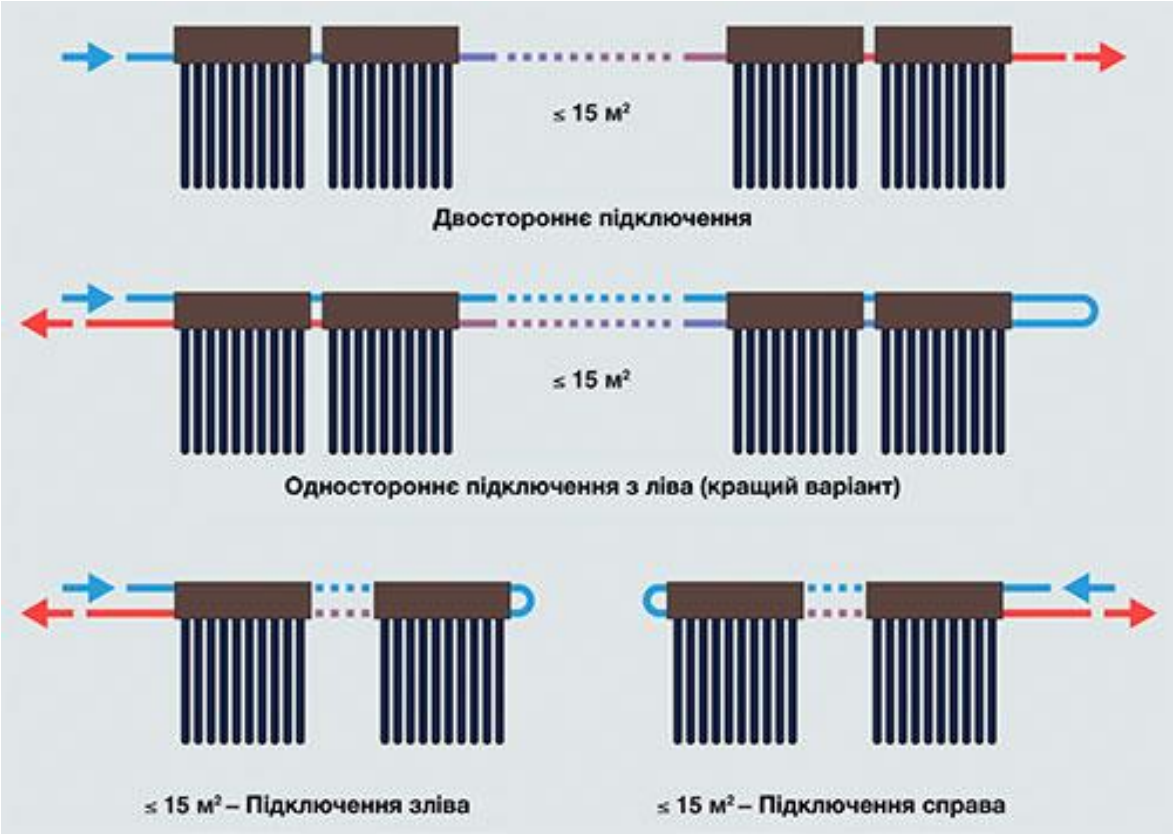


Рисунок 2.4. Варіанти підключення вакуумних трубчастих колекторів в одноконтурне геліополе

Експлуатаційні витрати для функціонування системи гарячого водопостачання, що ґрунтується на сонячних колекторах, є мінімальними, оскільки електроенергія використовується лише для операції циркуляційного насосу [3].

2.2.1 Фотоелектричні елементи

Сонячні фотоелектричні елементи (також відомі як фотоелектричні модулі або сонячні панелі) – це пристрої, перетворюють сонячну енергію на електричну.

Особливості конструкції сонячних батарей є їх основними перевагами. Це пов’язано з тим, що конструкція відрізняється високою надійністю та тривалим терміном служби, стабільністю електричних параметрів, зокрема через те, що у їх структурі відсутні рухомі частини, що мінімізує витрати на технічне обслуговування.

Напівпровідниковий матеріал, з якого складається фотоелектричний елемент, проводить електрику краще, ніж ізолятор, але гірше ніж метал. Для того, щоб

забезпечити більшу ефективність, у фотоелектричних елементах використовують різні напівпровідникові матеріали [17].

За технологією виготовлення сонячних елементів вони підрозділяються на 4 основні види:

- монокристалічні;
- полікристалічні;
- тонкоплівкові;
- гібридні.

У монокристалічних сонячних батареях використовується кристалічний кремній. Монокристалічні сонячні батареї мають вигляд бджолиної соти через те, що кути сонячних елементів цього типу округлені. Серединою модуля є сонячні елементи, які необхідно захищати від потрапляння вологи, тому вони ретельно закриваються плівкою-герметиком з обох сторін.

Полікристалічні елементи виготовляються відповідно з полікристалів кремнію, що більш позитивно спливає на вартість сонячних елементів такого типу, так як полікристали є більш економічними у виробництві, аніж монокристали. Також матеріал для полікристалічних елементів не є єдиним кристалом, що потребує специфічних умов вирощування; він є неоднорідним, складаючись з численних кристалів з випадковою орієнтацією осей. Поверхня зазвичай має квадратну форму і чорний колір та виглядає неоднорідно.

Для виготовлення тонкоплівкових елементів (гнучких панелей), амфорний кремній товщиною не більше 1 мікрону вакуумним напиленням наносять на гнучку основу. Як альтернативу застосовують також напилення інших напівпровідникових матеріалів: телурід кадмію або селенид міді-індію. Зверху напилення покривають захисним шаром. Через застосування найменшої кількості активних складових, тонкоплівкові елементи є найдешевшими серед усіх типів сонячних елементів.

Для того, щоб виготовити гібридні елементи, на кристалічний напівпровідниковий матеріал наносять тонкий шар аморфного напівпровідника.

Висока ефективність гібридних елементів обумовлена різною спектральною чутливістю їх складових елементів, аморфного і кристалічного кремнію, що

підвищує загальну ефективність батареї при впливі сонячного світла широкого спектрального складу.

Співвідношення виробленої елементом електроенергії до енергії, яка потрапляє на елемент у вигляді світла – це коефіцієнт конверсії сонячного елемента. Спектральний склад випромінювання, температура навколишнього середовища, характеристики підключеного навантаження є основними факторами, від яких залежить електрична потужність сонячного елемента.

Для порівняння ефективності різних сонячних елементів використовується стандарт МЕК 61215, який встановлює вимоги до вимірювань характеристик біля поверхні Землі при 25°C, близькому до сонячного спектрі випромінювання, і з інтенсивністю випромінювання понад 1 кВт/м². Навантаження на елемент є резистивним, якщо максимальна потужність досягнута.

Ефективність сонячних елементів коливається від 6% до 41-43%, для аморфних кремнієвих елементів і для спеціальних гібридних конструкцій відповідно. Ефективність найбільш розповсюджених полікристалічних сонячних елементів становить 14-19%. Найвищий ККД серед кремнієвих елементів мають монокристалічні елементи, які досягають 22%-29% [7].

Ефективність сонячних елементів можна підвищити до 15% за допомогою сонячних концентраторів, які збільшують інтенсивність падаючого світла. Однак економічна доцільність цього є дискусійною, оскільки вища ефективність призводить до значного збільшення виробничих витрат.

Важливою характеристикою є час окупності, який визначається часом, за який фотоелектричний модуль виробляє енергію, витрачену на його виробництво. Сучасні тонкоплівкові технології дозволяють швидку окупність, зазвичай за 1 рік, і мають термін служби 20-30 років.

Для того, щоб обрати фотоелементи, треба врахувати початкові витрати, ефективність модуля та тарифи на електроенергію. У тих країнах, де сонячні ресурси є значними, а тарифи на електроенергію, як правило, високі, в результаті підрахунків виходить, що вартість електроенергії, яка була вироблена фотоелектричними системами, та роздрібні ціни на неї співпадають. Місцем для

встановлення фотоелементів часто слугують дахи будинків, якщо вони характеризуються значною опорною здатністю.

Фотоелементи часто використовують і для автономного освітлення. Спостерігається зріст попиту на фотоелементи у зв’язку з розвитком технологій та зменшенням вартості обладнання.

2.2.2 Геліосистеми для опалення та гарячого водопостачання

Геліосистеми використовуються в побуті для різних цілей, включаючи нагрівання води для гарячого водопостачання (ГВП), підтримки систем опалення та підігріву води в басейні. Якщо геліосистема використовується для ГВП, опалення та підігріву басейну одночасно, термін окупності скорочується, оскільки вся отримана енергію використовується повністю.

Основними видами застосування геліосистем як у приватних, так і у промислових цілях є:

- Для нагрівання води в приватних будинках, готелях, ресторанах, котеджах та невеликих підприємствах.
- Для опалення будинків, комерційних об'єктів та окремих приміщень.
- Для підігріву води у відкритих та закритих басейнах (як у масштабах приватного будинку, так і у більших масштабах комерційної діяльності).
- Для автономного опалення квартир з метою зменшення залежності від централізованих мереж опалювання.
- Для забезпечення сезонного гарячого водопостачання, які встановлюють на дачах, сезонних будинках, курортах, господарських приміщеннях тощо.
- Для забезпечення гарячим водопостачанням та опаленням багатоквартирних будинків, промислових об'єктів, технологічних процесів.

Виходячи з того, що для ефективного функціонування геліосистем важлива кількість радіації, яку можливо поглинути за добу, геліосистеми поділяють на сезонні та річні. Сезонні доцільно використовувати у місяці з найвищою сонячною активністю, а річні не залежать при цьому від пори року і мають майже сталу

ефективність [13].

Геліосистеми використовуються для спільної роботи з основним теплогенератором, або ж його частковим заміщенням у випадках, коли сонячна активність цьому сприяє. Таким чином, енергія, отримана від сонця, використовується для заміщення палива, яке зазвичай використовується в основному теплогенераторі, що призводить до істотної економії.

Геліосистеми, що використовуються для опалення можна класифікувати за різними параметрами, включаючи одноконтурні та двоконтурні системи. Одноконтурна система використовує воду в якості теплоносія, тому підходить лише для теплих періодів року. Двоконтурна система використовує антифриз, що забезпечує можливість використовувати її протягом усього року.

Також можна виділити термосифонні та циркуляційні геліосистеми. Термосифонна система використовує природну циркуляцію рідини, де тепла рідина піднімається, а холодна – опускається. Циркуляційна система використовує насос для обігону теплоносія, що є більш зручним, оскільки накопичувальний бак може бути розташованим в будь-якому місці.

У випадку, коли геліосистема використовується тільки для нагрівання води, необхідно провести точний розрахунок, щоб уникнути надлишку енергії. Якщо ж вона використовується як для опалення, так і для ГВП, може виникнути проблема з розподілом надмірної енергії влітку.

До основних переваг використання геліосистем можна віднести:

- Як пряме, так і розсіяне сонячне випромінювання може ефективно використовуватися, в залежності від потреб конкретного випадку.
- Достатня варіативність наявних геліоустановок, що дозволяє підібрати найбільш доцільну потужність геліосистеми.
- Строк служби геліосистем, який обіцяють певні виробники є достатньо тривалим – понад 50 років, що забезпечить їх повну окупність.
- Повна окупність геліосистем становить в середньому 5-8 років, у залежності від вартості установки.

- Використання альтернативного джерела енергії для забезпечення побутових та промислових енергетичних потреб, при цьому залишаючись максимально екологічним.

До основних недоліків використання геліосистем відносяться:

- Висока вартість системи та її установки на об’єкті.
- Для повної окупності сонячної системи необхідний час.
- Залежність ефективності роботи геліосистеми від правильності її встановлення.
- Недостатня стабільність у показниках ККД, що пов’язано з залежністю деяких геліосистем від пори року.
- Нівелювання поняття екологічного використання при виготовленні панелей та при їх неправильній утилізації.

Виходячи з цього, необхідно провести аналіз і певні розрахунки для розуміння того, якої ефективності геліосистеми можна досягнути та доцільності її встановлення у кожному конкретному випадку.

3. АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ПИВНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Основні етапи виробництва пива

Для того, щоб отримати якісний продукт у промислових масштабах, процес виробництва потребує дотримання певних технологій та послідовності. До основних етапів пивного виробництва належить [20]:

1. Очищення солоду – солод полірують, видаляють пил, залишки паростків та металічні домішки.

2. Дроблення солоду – проводять з метою активізації фізичних і біохімічних процесів розчинення зерна під час затирання, а також для забезпечення фільтрування затору через верхній шар дробини.

3. Приготування сусла передбачає виконання наступних етапів:

- Затирання сировини – екстра активна речовина солоду та несолоджені матеріали переводять в розчинний стан;
- Фільтрування затору – відділення сусла (рідкої фази) від дробини (твердої фази);
- Кип’ятіння сусла з хмелем – процес, необхідний для концентрування сусла до заданої масової частки сухих речовин у початковому суслі, переведення цінних складових речовин хмелю у розчин, інактивації ферментів, коагуляції білкових речовин та стерилізації сусла;
- Відділення сусла від хмельової дробини – процес, необхідний для підготовки сусла до освітлення щоб виключити негативний вплив хмельової дробини на колір і смакові якості пива.

4. Освітлення та охолодження сусла необхідне для того, щоб виділити з нього суспензії, наситити киснем і знизити температуру до початкової температури бродіння.

5. Головне бродіння сусла – процес, необхідний для того, щоб основна кількості вуглеводів розщепилася і при цьому утворився етиловий спирт, діоксид

вуглецю, побічні продуктів бродіння і сформувався оптимальний склад молодого пива.

6. Доброджування молодого пива – в результаті зброджения залишкових вуглеводів відбувається природнє насичення молодого пива діоксидом вуглецю. Також відбувається осадження дріжджів, суспензій, білкових і поліфенольних сполучень та утворення специфічних ароматичних речовин.

7. Освітлення пива – видалення речовин, які можуть погіршити прозорість та стійкість пива.

8. Розлив пива – розфасування готового продукту у пляшки, банки бочки чи будь-які інші тари, які далі ідуть в реалізацію.

На рисунку 3.1 схематично зображено основні етапи виробництва пива.

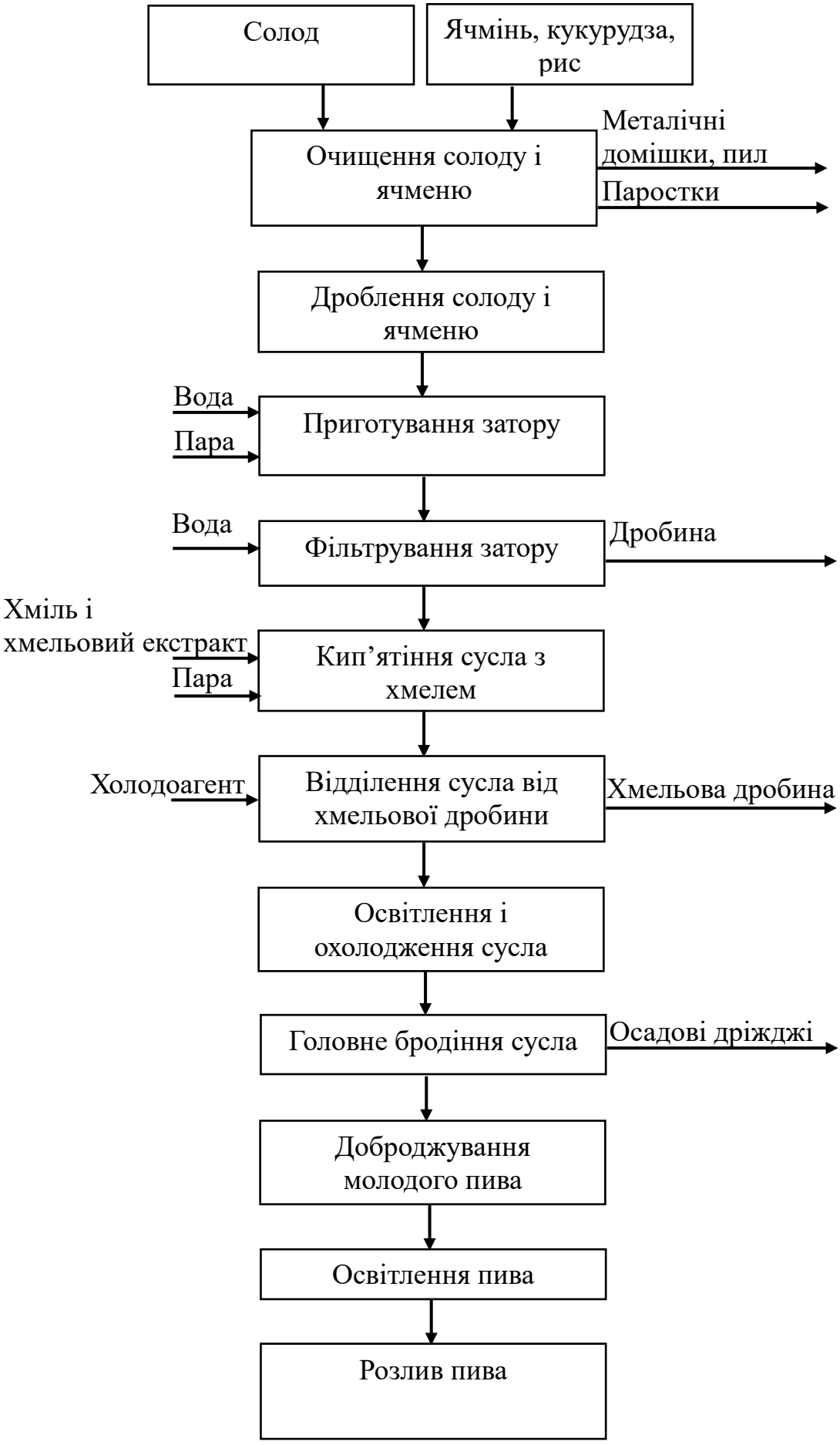


Рисунок 3.1. Основні етапи виробництва пива

3.2 Машинно-апаратурна схема лінії виробництва пива

Для того, щоб більш детально ознайомитися з основними етапами та обладнанням, яке необхідне для виробництва пива, слід звернутися до рисунку 3.2, де зображена машинно-апаратурна схема лінії виробництва пива.

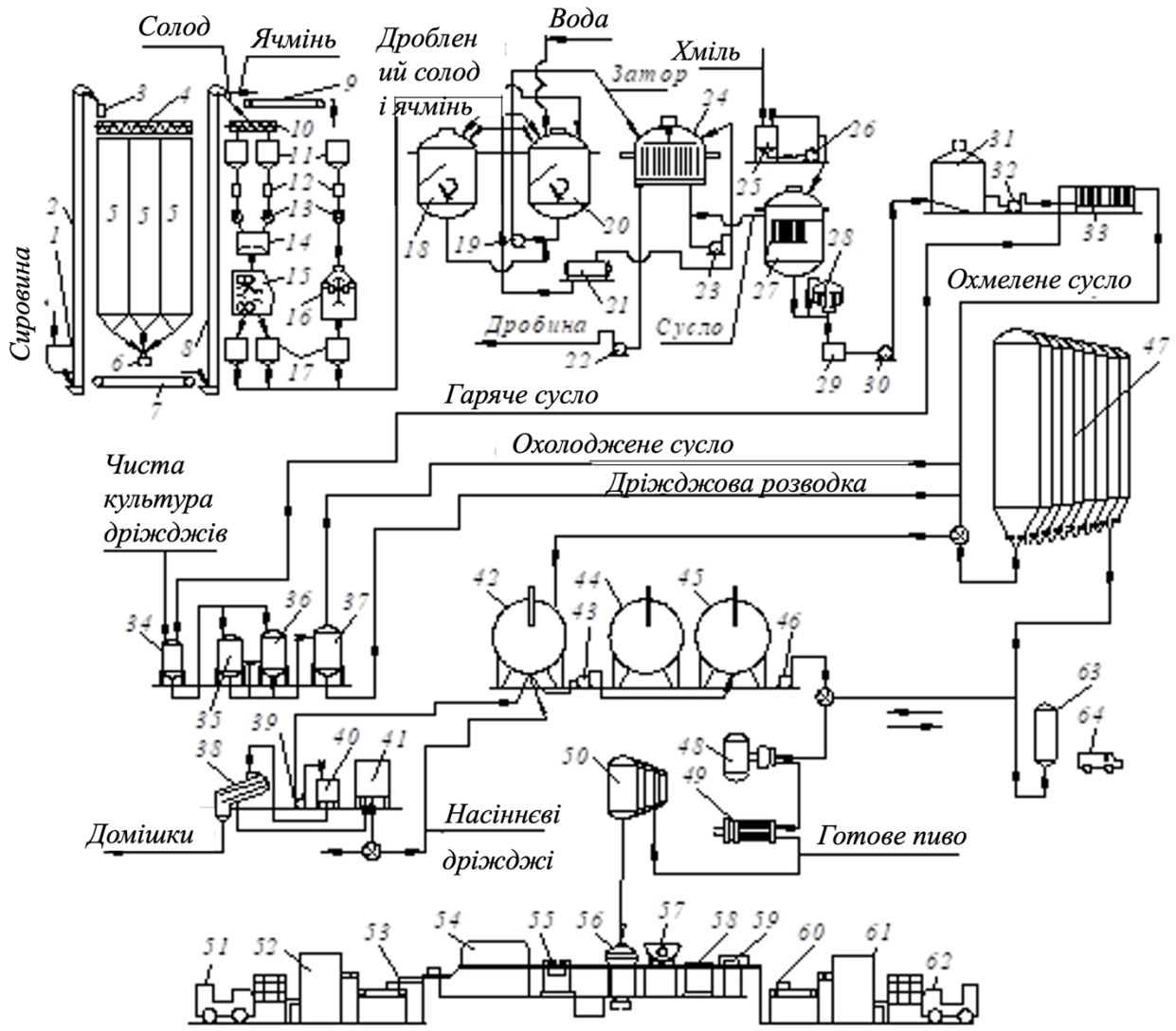


Рисунок 3.2. Машинно-апаратурна схема лінії виробництва пива

Початковою сировиною для пива є пивоварний солод і ячмінь, який використовується як несолоджена сировина. Їх вивантажують до приймального бункера (1), транспортують далі за допомогою норії (2) зважують (3) і вивантажують до розподільних шнекових конвеєрів (4), які у свою чергу завантажують сировину в силоси (5). Через магнітний уловлювач ваги (6), витриманий солод потрапляє на стрічковий конвеєр (7). Далі сировину за

допомогою норії (8) і шнекового конвеєра (10) завантажують в бункери добового запасу (11).

Для того, щоб солод очистити від пилу і залишків паростків, через магнітний уловлювач (12) і ваги (13) його подають до полірувальної машини (14). Далі солод подрібнюють у вальцевій дробарці (15) і накопичують у бункері (17). Ячмінь у свою чергу переганяють через магнітний уловлювач та ваги і подають у вальцевий верстат (16), а після подрібнення завантажують у бункер (17).

Далі необхідно приготувати пивне сусло, для цього набирають біля половини, необхідної для затирання (перемішування), кількості води у заторний апарат (20), дроблені зернопродукти завантажують з бункерів (17) та змішують з теплою водою (40-45°С). Після остаточного затирання, затор необхідно нагріти до 45-52°С та витримати білкову паузу 15-30 хв. Потім близько 40% заторної суміші, що являє собою густу частину, перекачують насосом (19) до іншого заторного (відварного) апарату (18). У ньому заторну суміш необхідно повільно підігріти до 61-63°С і витримати мальтозну паузу 20-30 хв.

В апараті (18) заторну суміш необхідно оцукрити 15-30 хв при 70-72°С, а потім прокип'ятити протягом 20-30 хв. Першу відварку з апарату (18) необхідно повернути до заторного апарату (20) і змішати з основним затором, для того щоб підвищити його температуру до 61-63°С, далі необхідно витримати мальтозну паузу 15-20 хв. Після цього густу частину основного затору необхідно повторно перекачати до відварного апарату (18), нагріти до 70-72°С, витримати 15-20 хв, потім знову нагрівати і кип'ятити 7-10хв.

Після проробленої процедури нагрівання, витримування та кип’ятіння другу відварку необхідно перекачати до основного затору з апарату (18) до апарату (20). Далі відбувається повне оцукрювання затору, після якого необхідно підігріти його до 75-77°С і перекачати насосом (19) до фільтраційного апарату (24).

При фільтруванні затор поділяють на дві фракції: пивне сусло (рідка фракція) та дробину (тверда фракція). У фільтраційному апараті (24) сусло відокремлюється через тверду фазу затору. Процес фільтрування затору поділяють дві стадії:

- фільтрування першого сусла, яке одержують при фільтруванні затору

- промивання дробини водою з метою вилучення екстрактивних речовин.

Через те, що перші порції фільтрату виходять мутними, їх необхідно перекачати насосом (23) назад до фільтраційного чану. Прозоре сусло отримують за допомогою того, що на фільтруючому матеріалі утворюється шар зважених частинок, через які фільтрується затор. Саме прозоре сусло необхідно далі направити до сусловарильного апарату (27).

Для того, щоб вилучити із першого сусла ще приблизно 30% сусла, яке залишилося у дробині, її необхідно промити водою, яку подають насосом (23) зі збірника (21). Після останнього промивання, дробину вивантажують насосом (22) з фільтраційного чану в спеціальний бункер. У свою чергу, відфільтроване сусло та промивні води збирають у сусловарильний апарат (27), де кип'ятять з хмелем. Екстракт хмелю дозують до сусла у два-три прийоми за допомогою насоса (26) зі збірника (25). У хмелевідбірнику (28) із сусла виділяють основну кількість грубих суспензій, які утворюються під час кип'ятіння сусла з хмелем.

Далі гаряче сусло необхідно завантажити у збірник (29), а потім перекачати насосом (30) до гідроциклонного апарату (31), де сусло повільно охолоджують до 60-70 °С. Далі сусло необхідно швидко охолодити до охолодження до початкової температури бродіння, для цього сусло перекачують насосом (32) до пластинчастого теплообміннику (33).

Гаряче охмелене сусло набирають у стерилізатор (34), кип'ятять і охолоджують до 8-12°С. Далі охолоджене сусло необхідно перекачати до бродильного апарату (35), де протягом з діб відбувається зброджування сусла, протягом якого відбувається розведення чистої культури дріжджів. Далі у другий бродильний апарат (36), перекачують основну частину дріжджів, у якому вони розмножуються протягом 3 діб.

Далі до вібраційного сита (38) надлишкові насінні дріжджі перекачуються з апарату головного бродіння (42) за допомогою вакуум-насоса (39) через проміжний вакуум-збірник (40). Рідкі очищені дріжджі надходять або у збірник (41) для повторної подачі в апарат (42), або для відвантаження на реалізацію.

Бродіння пивного сусла проводять у бродильних апаратах (42), (44), (45),

внаслідок чого виходить молоде пиво. Далі його перекачують за допомогою насосу (43) до апаратів для доброджування і дозрівання пива (табірні танки) (44), (45).

В апараті 47, що є циліндроконічним бродильним апаратом великої місткості (ЦКБА), що надає можливість у значно скороченому проміжку часу реалізувати такі процеси як: головне бродіння, доброджування, дозрівання пива. На кизельгуровому фільтрі (48) дозріле пиво освітлюють та, при необхідності, додатково піддають фільтруванню у знешкоджувальному фільтрі (49) і в кінці перекачують до збірника готового пива (50).

Комплекс обладнання для фасування пива у споживчу та торгову тару працює наступним чином: автонавантажувач (51) подає пакети з порожніми пляшками в пакеторозформуючу машину (52) і машину для виїмки пляшок (53). Далі за допомогою системи конвеєрів порожні пляшки через світловий екран завантажуються в пляшкомийну машину (54). Якість миття контролюють в інспекційній (55). Пляшки заповнюються пивом у фасувальній машині (56) і закупорюються в машині (57). Контроль заповнення та закупорювання пляшок здійснюють у другій інспекційній машині (58), а потім наносять етикетку і оформляють пляшки на етикетувальній машині (59). Після цього пляшки складають у ящики в машині (61) і направляють ці пакети автонавантажувачем (62) в експедицію. При реалізації свіжого пива без тривалого зберігання нефільтроване дозріле пиво завантажують у мірну посудину (63) для дозованої подачі автоцистерни (64) або інші спеціальні ємності [20].

4. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ПО ЗАСТОСУВАННЮ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПИВА

4.1 Вихідні дані для розрахунку

Продуктивність підприємства – 4 млн. дал пива на рік.

Асортимент пива: Жигулівське - 70%, 30% – Українське.

Розлив пива Жигулівське здійснюється: 40% – у скляні пляшки; 30% – у кеги; 30% – у ПЕТ-пляшки. Інше пиво – тільки в скляну пляшку.

Втрати по стадіях бродіння та доброджування приймати як втрати для класичної періодичної схеми виробництва.

Місце розташування підприємства – Харків.

4.2 Визначення витрат електроенергії

Розрахунок витрат електроенергії на технологічні потреби робляться на основі характеристик обладнання, що є споживачами електроенергії. У специфікації обладнання знаходять встановлену потужність електродвигунів, а з технологічних режимів – час роботи за добу окремого обладнання.

Добові витрати електроенергії на операцію, кВт·год/добу:

$$Р_Д = А \cdot \tau_1$$

де А – встановлена потужність електродвигунів, кВт;

τ_1 – час роботи електродвигуна на добу, год.

Витрати електроенергії на операцію в рік, кВт·год/рік:

$$Р_Р = Р_Д \cdot \tau,$$

де $Р_Д$ – добові витрати електроенергії, кВт·год;

τ – кількість днів роботи в рік відповідного відділу підприємства.

Питомі витрати електроенергії на операцію, кВт·год/дал:

$$Р_{ПИТ} = Р_Р / \sum L,$$

де $\sum L = Р_Д$

Дані розрахунку зводяться в таблицю. Підсумовуючи витрати електроенергії по окремих операціях, визначають сумарні добові, річні та питомі витрати електроенергії.

Витрати електроенергії на освітлення та інші загальні потреби підприємства приймаються рівними 100% технологічних витрат.

Розрахунок електроенергії для підприємства продуктивністю роботи 4 млн. дал пива в рік наданий в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Зведені дані щодо витрат електроенергії

№	Стаття витрат і найменування обладнання	Потужність електродвигунів, кВт	Час роботи на добу, год	Час роботи в рік, доба	Витрати електроенергії, кВт·год		
					за добу	за рік	за 1 дал
1.	Переміщення зерна від прийомного бункера до норії, стрічковий транспортер 4025-40, електродвигун АО3-32-4	3,0	8	200	24	4800	0,0012
2.	Підйом зернопродуктів, норія НЦТ-20, електродвигун АО2-32-4	3,8	8	200	24	4800	0,0012
3.	Зважування зерна, ваги Д-100-3	1,4	8	200	11,2	2240	0,00056
4.	Розподіл зерна по силосам, гвинтовий конвейєр УШ2-4-3225, електродвигун АО2-31-4УП	2,2	8	200	17,6	3520	0,00088
5.	Підйом зернопродуктів до варильного цеху, норія НЦГ-10, електродвигун АО2-22-6	1,1	4,5	323	4,95	1599	0,0004

№	Стаття витрат і найменування обладнання	Потужність електродвигунів, кВт	Час роботи на добу, год	Час роботи в рік, доба	Витрати електроенергії, кВт·год		
					за добу	за рік	за 1 дал
6.	Розподіл зернопродуктів по бункерам, гвинтовий конвейєр УШ2-4-2520, електродвигун 4А904УЗ	2,2	4,5	323	2,48	800	0,0002
7.	Полірування солоду, солодополірувальна машина РЗ-ВПС	5,77	1,5·5,4= 8,1	323	46,74	15097	0,0038
8.	Очищення ячменю, повітряно-ситовий сепаратор ЗСМ-5	1,1	8,1	323	8,9	2875	0,0007
9.	Підйом очищених зернопродуктів, норія НЦГ-5 (2 шт.), електродвигун АО2-22-6	1,1·2=2,2	8,1	323	17,8	5749	0,0014
10.	Дроблення світлого солоду, солододробилка «Міаг» 2 шт.	9,5·2=19	8,1	323	154	49710	0,124
11.	Дроблення карамельного солоду, солододробилка БДА-1М	5,5	8,1	323	44,6	14390	0,0036
12.	Дроблення рису та ячменю, вальцевий верстат ВМП	10	8,1	323	81	26163	0,0065
13.	Зважування зерна, ваги Д-20 (3 шт.)	0,6·3=1,8	8,1	323	14,6	4709	0,0012
14.	Виготовлення затору, заторний котел ВКЗ-5 (2 шт.)	7,5·2=15	20	323	300	96900	0,024

№	Стаття витрат і найменування обладнання	Потужність електродвигунів, кВт	Час роботи на добу, год	Час роботи в рік, доба	Витрати електроенергії, кВт·год		
					за добу	за рік	за 1 дал
15.	Фільтрування затору, фільтраційний апарат ВФЧ-5 (2 шт.)	4,0·2=8,00	6	323	48	15504	0,0039
16.	Кип’ятіння суслу з хмелем, сусловарильний котел ВКС-5 (2шт.)	7,5·2=15	8,1	323	121,5	39245	0,0098
17.	Перекачування затору, заторний насос ФГ-144/10,5	10	0,33·5,4=1,8	323	18	5814	0,0015
18.	Повертання мутного суслу, насос 1 ½К(8/19) (2 шт.)	1,5·2=3,0	0,17·5,4=0,92	323	2,8	904	0,00023
19.	Перекачування сусла на освітлення, сусловий насос К 90/20	7,5	0,33·5,4=1,8	323	13,5	4361	0,0011
20.	Перекачування дробини, насос ФГ 144/10,5	10	0,25·5,4=1,35	323	13,5	4361	0,0011
21.	Подача пива на фільтрування, насос плунжерний (4 шт.)	1,4·4=5,6	16	238	89,6	21325	0,0053
22.	Освітлення пива на сепараторі, сепаратор А1-ВПО (2 шт.)	17·2=34	16	238	544	129472	0,032
23.	Фільтрація на діатомітових фільтрах, фільтр РЗ-ВФД-50	20,6	16	238	329,6	78445	0,0196

№	Стаття витрат і найменування обладнання	Потужність електродвигунів, кВт	Час роботи на добу, год	Час роботи в рік, доба	Витрати електроенергії, кВт·год		
					за добу	за рік	за 1 дал
24.	Фільтрація на знешкоджувальних фільтрах, фільтр Ш4-ВФС-100	23,05	16	238	368,8	87774	0,0219
25.	Розлив пива в скляні пляшки, лінія розливу Б2-ВРТ	130	16	238	2080	495040	495040/ 2320000 =0,213
26.	Розлив пива в ПЕТ пляшки	36+1,1+1,5 +0,55+13,65 =52,8	16	238	844,8	201062	201062/ 840000 =0,239
27.	Розлив пива в кеги, «Трансомат 3/1»	Для бочкового розливу 13,5	16	238	216	51408	51408/ 840000 =0,061
	В середньому по розливу	-	-	-	-	-	0,213· 0,59+ 0,239· 0,21+ 0,061· 0,21= 0,186
	ВСЬОГО:						
	На технологічні потреби				5442	1368067	0,347
	Загальні витрати				10884	2736134	0,694

4.3 Визначення витрати гарячої води

Вода – це основна речовина, яка багато в чому зумовлює як протікання технологічних процесів, так і якість готових продуктів. У технологічному процесі гаряча вода витрачається на затирання зернопродуктів, заливку сит фільтраційного апарату, вилуговування пивної дробини, для мийки обладнання, сусло- та пивопроводів, кег. Для того, щоб ознайомитися з основними витратами води на підприємстві при виробництві пива, див. табл. 4.2.

Таблиця 4.2. Витрати гарячої води при виробництві пива

№	Операція	Температура води, °С	Тривалість операції, хв	Витрата води
1.	Затирання зернопродуктів	60	30	4 $м^3$/т (частково використовуються промивні води)
2.	Заливка сит фільтраційного апарату	80	5	По об’єму підситового простору
3.	Вилуговування солодової дробини	80	120	4 $м^3$/т використовується оборотна вода після теплообмінників для охолодження сусла
4.	Мийка фільтрчану	60	5	1,4 $м^3$ на 1000 дал загальної потужності
5.	Мийка та дезінфекція обладнання варильного цеху та комунікацій	60	5	3,2 $м^2$ на 1000 дал загальної потужності
6.	Промивання суслопроводів	60	10	3,9 $м^2$ на 1000 дал потужності
7.	Мийка бункерів для дробини	60	10 (1 раз на добу)	0,7 $м^2$ на 1000 дал потужності
8.	Мийка обладнання відділу освітлення та охолодження сусла	60	5	1,0 $м^2$ на 1000 дал потужності

№	Операція	Температура води, °С	Тривалість операції, хв	Витрата води
9.	Мийка ЦКБА	60	30-150 в залежності від режиму мийки та дезінфекції	З витрати на миючу головку
10.	Промивання пивопроводу	60	10	1,4 м^2 на 1000 дал потужності
11.	Мийка обладнання фільтраційного відділу	66	10	2,5 м^3/год
12.	Мийка розливних блоків	60	10-15	5,0 м^3/год
13.	Мийка кег	60	-	6,4 м^3 на 1000 дал потужності (30% всієї продукції)
14.	Мийка іншого обладнання	60	5	2,5 м^3/год
15.	Мийка підлоги	60	-	2 дм^3 на 1 м^2 площі підлоги, яка промивається

Витрата води на затирання, м^3/доб.:

$V1_{ГВС}=Q_{ДОБ}\cdot N_{ГВ}$,

де $Q_{ДОБ}$ – добова кількість зернопродуктів, що переробляються;

$N_{ГВ}$ – норма витрати гарячої води на операцію (табл. 4.2).

$$V1_{ГВД}=27,07\cdot 4=108,28 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Витрата води на заливку сит фільтраційного апарату, м^3/доб.:

$$V2_{ГВД}=S\cdot h\cdot z\cdot n,$$

де S – площа фільтрації обраного фільтраційного апарату (у прикладі розрахунку обладнання вибраний апарат ВФЧ-5 з площею S=26,8 м^3);

h – висота підситового простору, м (для ВФЧ-5 h=0,012 м);

z – оборотність обраного варильного агрегату (у прикладі z=5,4, см);

n – кількість фільтраційних апаратів в агрегаті (у прикладі обраний шестиапаратний варильний агрегат, до комплекту якого входять два фільтрчани).

$$V2_{ГВД}= 26,8\cdot0,012\cdot5,4\cdot2=3,47 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Витрати води на вилуговування пивної дробини, м^3/доб:

$$V3_{ГВД}=V1_{ГВ}=108,28 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Витрати води на мийку фільтрчану, м^3/доб:

$$V4_{ГВД}=N_{ГВ}\cdot \sum L/ \tau\cdot1000.$$

де $N_{ГВ}$ – норма витрати гарячої води на операцію (табл. 4.2);

$\sum L$ – загальна річна продуктивність заводу, дал;

τ – кількість днів роботи в рік відповідного відділу заводу.

$$V4_{ГВД}=1,4\cdot4000000/323\cdot1000=17,34 \text{ м}^3/\text{доб}$$

$$V4_{ГВД}=2,5\cdot5\cdot2/60=0,42 \text{ м}^3/\text{год}$$

Розрахунок витрати води для операцій 5-10 з таблиці 4.2 роблять за формулою $V4_{ГВД}=N_{ГВ}\cdot \sum L/ \tau\cdot1000$:

Витрати води на мийку обладнання варильного цеху, м^3/доб:

$$V5_{ГВД}=3,2\cdot4000000/323\cdot1000=39,63 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Витрати води на промивання суслопроводів, м^3/доб:

$$V6_{ГВД}=3,9\cdot4000000/323\cdot1000=48,30 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Витрати води на мийку бункерів для дробини, м^3/доб:

$$V7_{ГВД}=0,7\cdot4000000/323\cdot1000=8,67 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Витрати води на мийку обладнання відділу охолодження та освітлення сусла, м^3/доб:

$$V8_{ГВД}=1,0\cdot4000000/323\cdot1000=12,38 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Витрати води на промивання пивопроводів, м^3/доб:

$$V9_{ГВД}=1,4\cdot4000000/338\cdot1000=16,57 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Витрати води на мийку кег, м^3/доб (280000 дал – річний випуск пива «Жигулівське», 0,3 – частка розливу пива «Жигулівське» в кеги)

$$V10_{ГВД}=6,4\cdot2800000\cdot0,3/238\cdot1000=22,59 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Витрати води на мийку ЦКБА, м^3/доб:

$$V11_{ГВД}=N\cdot \tau_1\cdot n/60,$$

де N – норма витрат робочої рідини на одну миючу головку, м^3/год (приймемо, що мийку апаратів здійснюють миючими головками типу Ш4-ВГМ-1 з витратою робочої рідини 10 м^3/год);

τ_1 – тривалість мийки, хв (для ЦКБА в залежності від режиму мийки і дезінфекції τ_1=30-150 хв);

n – кількість одиниць обладнання, що підлягає миттю за добу (для ЦКБА приймемо n=2 шт.)

$$V11_{ГВД}=10\cdot30\cdot2/60 = 10 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Витрати води для мийки обладнання фільтраційного відділу, м^3/доб (розрахунок ведуть за формулою $V11_{ГВД}=N\cdot \tau_1\cdot n/60$, де $N_{ГВ}$, τ_1 – див. табл. 4.2; n=7, т.к. у фільтраційному відділі встановлено 2 сепаратори, 1 намивний фільтр, 1 знешкоджуючий фільтр, 2 пластинчатих теплообмінники, 1 карбозинатор):

$$V12_{ГВД}=2,5\cdot10\cdot7/60 = 2,92 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Витрати води для мийки розливних блоків, м^3/доб (розрахунок приведений для розливу в скляну пляшку, на розливний блок в ПЕТ-пляшку розрахунок аналогічний)

$$V13_{ГВД}=5,0\cdot10\cdot1/60 = 0,83 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Витрати води для інших потреб приймаємо 0,4 м^3 на 1 т зерна, що переробляється за добу, м^3/доб

$$V14_{ГВД}=0,4\cdot27,07 = 10,83 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Виявлення річних витрат гарячої води за операціями 4.1.1-4.1.14, м^3/доб:

$$V15_{ГВР}= V14_{ГВС}\cdot\tau,$$

де $V14_{ГВД}$ – витрати води на операцію на добу, м^3/доб;

τ – кількість днів роботи в рік відповідного відділу підприємства

Виявлення питомих витрат води за операціями 11-14 (з табл. 4.2), м^3/доб:

$$V_{ГВУД}= V_{ГВР}/\sum L$$

При виявленні питомої витрати води за операціями 10 і 13 (з табл. 4.2) $\sum L$ беруть відповідно до випуску товарного пива в кегах і скляних пляшках, тобто:

2800000·0,3=840000 і 2800000·0,4+800000+400000=2320000 дал

У таблиці 4.3 зведені дані про витрати гарячої води для технологічних операцій.

Максимальною витратою води за годину приймаємо рівною 15% від добової витрати води:

$$V_{ГВГ}=0,15\cdot 410,09=61,51 \text{ м}^3/\text{год}$$

Максимальна витрата води за годину на потреби варильного цеху (позиції 1-8 у таблиці 4.3):

$$346,35\cdot 0,15=51,95 \text{ м}^3/\text{год}$$

Таблиця 4.3. Зведені дані про витрати гарячої води

№	Найменування операції	Витрати води на операцію		Питомі витрати води
		м³/доб	м³/год	м³/дал
1.	Затирання зернопродуктів	108,28	34974,44	0,0087436
2.	Заливка сит фільтраційного апарату	3,47	1120,81	0,0002802
3.	Вилуговування солодової дробини	108,28	34974,44	0,0087436
4.	Мийка фільтрчану	17,34	5600,82	0,0014002
5.	Мийка та дезінфекція обладнання варильного цеху	39,63	12800,49	0,0032001
6.	Промивання суслопроводів	48,30	15600,9	0,0039002
7.	Мийка бункерів для дробини	8,67	2800,41	0,0007001

№	Найменування операції	Витрати води на операцію		Питомі витрати води
		$м^3$/доб	$м^3$/год	$м^3$/дал
8.	Мийка обладнання відділу освітлення та охолодження сусла	12,38	3998,74	0,0009996
9.	Мийка ЦКБА	10,00	3400	0,00085
10.	Промивання пивопроводу	16,57	5600,66	0,0014001
11.	Мийка обладнання фільтраційного відділу	2,92	694,96	0,0001737
12.	Мийка розливних блоків	0,83	197,54	0,0000851
13.	Мийка кег	22,59	5376,42	0,0064005
14.	Інші потреби	10,83	3660,54	0,009151
	ВСЬОГО	410,09	130603,63	0,0377921

Розрахунки питомих витрат води показують, що окремі операції, такі як затирання зернопродуктів і вилуговування солодової дробини, є особливо витратними водними процесами.

Враховуючи значення водних ресурсів у виробництві пива, важливо розглядати можливості оптимізації та раціоналізації використання води для забезпечення економії та сталості виробництва.

4.4 Розрахунок фотоелектричної системи для забезпечення виробництва електричною енергією

Загальна площа установки сонячних панелей на підприємстві, яке розташоване у м. Харків – 500 $м^2$.

Фотоелектричний модуль потужністю P_w протягом обраного періоду виробить наступну кількість енергії, кВт·год / (м^2·добу):

$$W = E_п \cdot К_{втр} \cdot P_w / U_{випр},$$

де $E_п$ – значення інсоляції за обраний період.

Середньомісячні денні надходження сонячної радіації на похилу поверхню відрізняються від надходжень на горизонтальну поверхню на коефіцієнт ρ_E:

$$E_{пі} = \rho_E \cdot E_i,$$

де E_i – середньомісячна величина денного надходження радіації на горизонтальну поверхню, кВт·год/ (м^2·добу) (табл. 4.4).

Таблиця 4.4. Середньомісячна величина денного надходження радіації на горизонтальну поверхню

Населений пункт	Середньомісячна величина денного надходження радіації на горизонтальну поверхню по місяцях E_i, кВт·год/ (м^2·добу)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Харків	1,19	2,02	3,05	3,92	5,38	5,46	5,56	4,88	3,49	2,10	1,19	0,90

ρ_E – коефіцієнт опромінення похилої площадки, який є відношенням середньої за місяць величини денного надходження сонячної радіації на похилу поверхню до величини денного надходження радіації на горизонтальну поверхню (табл. 4.5). Для розрахунків приймаємо кут нахилу 50 °.

Таблиця 4.5. Середні за місяць значення коефіцієнта опромінення похилої поверхні при різних кутах установки колектора для широти 50°

Кут нахилу сонячної батареї	Значення коефіцієнта по місяцях, кВт·год/ (м^2·добу)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
35	2,77	2,01	1,57	1,27	1,11	1,05	1,08	1,19	1,42	1,79	2,44	3,12
50	**4,06**	**2,38**	**1,65**	**1,24**	**1,04**	**0,95**	**0,98**	**1,33**	**1,44**	**2**	**3,22**	**5,17**
65	4,46	2,47	1,61	1,16	0,93	0,82	0,87	1,04	1,37	2,02	3,47	5,9

Результати розрахунку величини середньомісячних денних надходжень сонячної радіації на похилу поверхню наведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6. Середньомісячні денні надходження сонячної радіації на похилу поверхню

Середньомісячні денні надходження сонячної радіації на похилу поверхню за місяцями $E_{пі}$, кВт·год/ ($м^2$·добу)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4,83	4,81	5,03	4,86	5,60	5,19	5,45	6,49	5,03	4,2	3,83	4,65

Коефіцієнт, що враховує втрати сонячної батареї при перетворенні та передачі електроенергії $К_{втр}$. Загальні втрати енергії при перетворенні сонячного випромінювання у фотоелектричній системі:

- втрати в проводах – 1 %;
- втрати в інверторі – 3-5 %;
- втрати, пов'язані з ростом температури фотоелементів – 2-5 %;
- втрати в процесі роботи сонячної батареї в період низького рівня сонячного випромінювання – 1-3°;
- втрати пов'язані із затіненням і забрудненням сонячних батарей – 1-3%;
- втрати шунтувальних діодів – 0,5 %.

При оптимальному компонуванні устаткування ефективність сонячної системи в 90 % вважається досить високою. Але можливі випадки, коли загальні втрати можуть досягати значення 20-30 % через погану якість устаткування або неправильного підбору компонентів системи. Приймемо коефіцієнт $К_{втр}$ = 0,91.

У формулу також входить величина $U_{випр}$ – інтенсивність сонячної радіації, при якій фотоелектричні панелі тестуються (умови STC), тобто 1000 Вт/$м^2$ (1 кВт/$м^2$) при температурі сонячного модуля 25 °С.

Обираємо фотоелектричні модулі Bluetti SP220S (див. рис. 4.1) потужністю 220 Вт з такими характеристиками:

- кількість секцій 4 шт.;
- вихідна напруга 19,2 В;
- вихідний струм 11,4 А;

- ступінь захисту IP65;
- розміри 2259 х 536 х 23 мм.

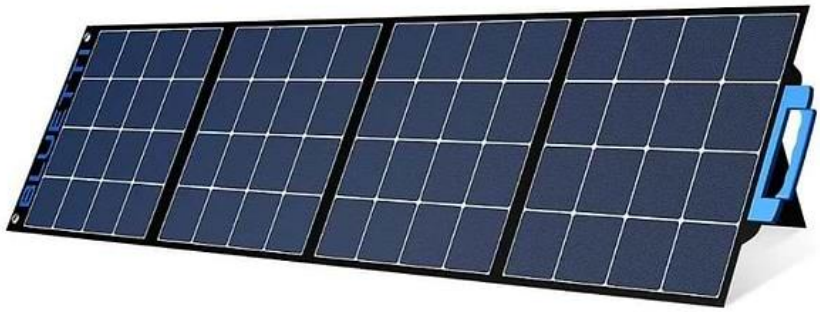


Рисунок 4.1. Сонячна панель Bluetti SP220S

Загальна поверхня панелі складає F = 2259 х 536 = 1210 мм^2 = 1,21 м^2. Тоді на площі 500 м^2 може їх розміститися, шт.:

$$N = 500 / F = 500/1,21 = 413 \text{ шт.}$$

Таким чином, кількість електричної енергії, що може бути отримана для умов міста Харків для кожного місяця буде складати з N панелей, кВт·год / місяць:

$$W_i = E_{пі} \cdot 0,91 \cdot 0,22 \cdot N \cdot \tau_i / 1,$$

де 0,91 – коефіцієнт втрат;

0,22 – потужність сонячної панелі, кВт;

N – загальна кількість панелей;

τ_i – кількість діб у місяці.

Результати розрахунків наведені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7. Можлива кількість отриманої сонячної енергії по місяцях

Кількість отриманої сонячної енергії по місяцях W_i, кВт·год/(місяць)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12386,66	11141,62	12899,57	12061,55	14361,35	12880,54	13976,67	16643,77	12483,45	10771,01	9505,29	11925,05

Загальна кількість електроенергії, що може бути вироблена за рік всіма панелями, кВт·год / рік:

$$W_\Sigma = \Sigma W_i.$$

$$W_{\Sigma} = 151036{,}52 \text{ кВт·год / рік.}$$

Добове споживання електрики на технологічні потреби підприємства згідно розрахунків складає 5442 кВт год/добу.

Враховуючи, що необхідна кількість електроенергії, що споживається на технологічні потреби підприємства, складає $W_{техн\Sigma} = 1368067$ кВт·год/рік, частка електричної енергії, що виробляється за рахунок фотоелектричних панелей, складе

$$\Delta W = 100 \cdot W_{\Sigma} / W_{техн\Sigma}, \%.$$

$$\Delta W = 100 \cdot 151036{,}52 / 1368067 = 11{,}04$$

Таким чином, за рахунок сонячної енергії можливо задовольнити 11,04% в електричній енергії на технологічні потреби підприємства.

Вартість 413 геліоколекторів Bluetti SP220S складає 413·15300 = 6318900 грн.

Вартість виробленої електроенергії складає 1510356·4,20 = 634651 грн/рік.

Виходячи з цього, можна порахувати окупність даного обладнання:

$$6318900/634651 = 10 \text{ років.}$$

Приблизний, гарантований виробниками, строк експлуатації даних сонячних модулів, з потужністю, яка була заявлена спочатку, становить 15-25 років. Встановлення сонячних панелей для забезпечення електроенергії на технологічні потреби підприємства є доцільним, якщо враховувати максимальний строк експлуатації пристроїв.

4.5 Розрахунок геліосистеми для забезпечення виробництва гарячою водою

Для системи гарячого теплопостачання підприємства обираємо вакуумний геліоколектор Altek SC-LH3-30, характеристики якого наведені в табл. 4.8.

Таблиця 4.8. Технічні характеристики вакуумного колектора Altek SC-LH3-30

Характеристика	Величина
Кількість трубок	30
Площа геліоколектору, $м^2$	3,84
Розмір вакуумної трубки, мм	58x1800

Діаметр конденсатору, мм	24
Площа абсорбера, м^2	2,42
Максимальна температура нагріву, °С	250
Номінальна робоча температура, °С	-20…+90
Максимальна робоча температура, °С	100
Ефективність колектора	0,744
Рама та колектор	сплав алюмінію
Матеріал теплообмінника	мідь
Матеріал ізоляції	поліуретан, мінеральна вата
Максимальний робочий тиск, МПа	0,6
Рекомендована витрата теплоносія, л/хв	4,40
Товщина металу	2 мм
Габарити ВхШхГ, мм	2385х1960х128
Вага, кг	100
Строк служби	не менше 15 років

На рисунку 4.2 зображена конструкція вакуумних трубок геліоколекторів.

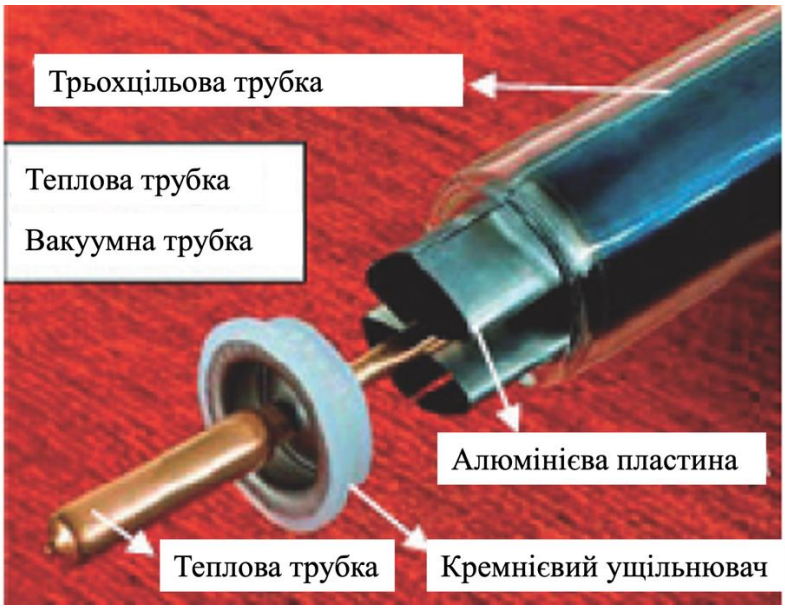


Рисунок 4.2. Конструкція вакуумних трубок геліоколекторів

На площі F = 500 м^2 можливо встановлення $n_г$ = 110 геліоколекторів обраного типу. Загальна поверхня нагріву всіх геліоколекторів в такому випадку буде складати, м^2:

$$F_\Sigma = n_г \cdot 2{,}42$$

$$F_\Sigma = 110 \cdot 2{,}42 = 266{,}2 \text{ м}^2,$$

де 2,42 м^2 – площа абсорбера одного колектора (табл. 4.8).

Кількість енергії, що передається воді, в кожному місяці року, кВт·год / добу:

$$Q_i = F_\Sigma \cdot E_{пі} \cdot \eta \cdot \tau_i,$$

де η = 0,744 – ефективність колектора (табл. 4.8);

τ_i – кількість діб у місяці;

$E_{пі}$ - величини середньомісячних денних надходжень сонячної радіації на похилу поверхню, кВт·год/ (м^2·добу) (табл. 4.6).

Таблиця 4.9: Кількість енергії, що передається воді, в кожному місяці року

Кількість енергії, що передається воді, по місяцях Q_i, кВт·год / добу											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
29654,5	26673,8	30882,4	28876,1	34382	30836,8	33461	39846	29886,2	25786,5	22756,3	28549,3

Місячний обсяг гарячої води складе, м^3/місяць:

$$V_i = Q_i \cdot 3600 / \rho \cdot C\ (t_{в1} - t_{в2}),$$

де $t_{в1}$ = 60 °С, $t_{в2}$ = 12 °С – температура води на виході та вході в геліоколектор відповідно;

С = 4,19 кДж / (кг·°С) – теплоємність води;

ρ = 994 кг/м^3 – густина води.

Таблиця 4.10. Місячний обсяг гарячої води, по місяцях

Місячний обсяг гарячої води, по місяцях V_i, м^3/місяць											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
534,01	480,34	556,12	519,99	619,14	555,3	602,56	717,54	538,18	464,36	409,79	514,11

Добове споживання гарячої води на технологічні потреби підприємства згідно з розрахунками складає $V_{техн}$ = 410 м^3/добу.

Загальна кількість отриманої гарячої води, що може бути отримана протягом року, м^3 / рік:

$$V_\Sigma = \Sigma V_i.$$

$$V_\Sigma = 6511{,}5 \text{ м}^3 \text{ / рік}$$

Враховуючи, що необхідна кількість гарячої води, що споживається на технологічні потреби підприємства, складає $V_{технΣ}$ = 130603,6 м^3/рік, частка гарячої води, що отримується за рахунок нагріву в геліоколекторах, складе

$$\Delta V = 100 \cdot V_\Sigma / V_{технΣ}, \%.$$

$$\Delta V = 100 \cdot 6511{,}5 / 130603{,}6 = 5\%$$

Таким чином, за рахунок сонячної енергії можливо задовольнити 5 % в гарячій воді на технологічні потреби підприємства.

Вартість 110 геліоколекторів Altek SC-LH3-30 складає: 110·35000 = = 3850000 грн.

Вартість виробленої теплової енергії складає 6511,5·8,96·29 = 1692686 грн/рік, де 8,96 – питома кількість природного газу на нагрівання 1 $м^3$ води в газовому котлі, $м^3$ газу/$м^3$ води; 29 – вартість 1 $м^3$ природного газу грн/$м^3$.

Виходячи з цього, можна порахувати окупність даного обладнання:

3850000/1692686=2,3 роки.

Через те, що окупність обладнання є порівняно швидкою і строк служби геліоколекторів становить близько 15 років, можна назвати доцільним збільшення кількості сонячних колекторів для забезпечення гарячого водопостачання на підприємстві.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізований сучасний стан використання сонячної енергетики у світі. Розглянуто досвід країн, у яких сонячна енергетика робить значний вклад у загальну енергетику країни. На розповсюдження використання альтернативних джерел енергії, виходячи з досвіду різних країн, має достатньо високий вплив підтримка держави, зокрема державні програми, які створюють умови і таким чином стимулюють пропозицію для споживачів.
2. Проаналізовано потенціал України щодо розвитку сонячної енергетики, що є достатнім через її вигідне географічне розташування.
3. Зроблено огляд наявного на даний час обладнання сонячної енергетики, який показує, що до найбільш розповсюджених приладів, які застосовуються на даний час, відносяться сонячні колектори, їх об'єднання у геліополя та геліосистеми, фотоелементи тощо.
4. Розраховані загальні витрати електроенергії та гарячої води для технологічних потреб підприємства з виробництва пива, що становлять 2736134 кВт·год /рік та 130603,6 $м^3$/год відповідно.
5. Розраховані частки електричної та теплової енергії, що можна виробити за допомогою геліоколекторів та сонячних модулів. Вони становлять 11,04 % (151036,52 кВт·год/рік) у сонячних модулів для вироблення електроенергії і 5 % (6511,5 $м^3$/рік) у вакуумних геліоколекторів для гарячого водопостачання.
6. Визначено окупність обладнання – 2,3 років для гарячого водопостачання і 10 років для електроенергії, що вказує на більшу доцільність встановлення геліоколекторів для забезпечення підприємства гарячою водою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алмаев А. Ю., Приемущества и недостатки плоских и вакуумных коллекторов / А. Ю. Алмаев, И. А. Лушкин. – Вестник НГИЭИ.: 2015. – Выпуск № 6 (49). – 16-19 с.
2. Борисенко Т.Н. Технология отрасли. Технологические расчеты по производству пива: Учебное пособие. / Т.Н. Борисенко, Л.В. Пермякова; Кемеровский технологический институт пивной промышленности – Кемерово, 2005 – с. 100 – с. 95-97
3. Геліоколектори та геліополе – що важливо знати? [Електронний ресурс]: Веб-сайт AW Therm. Режим доступу: https://aw-therm.com.ua/geliokolektori-ta-geliopole-sho-vazhlivo-znati/
4. Дані про погоду і програмне забезпечення для розрахунку інвестицій в сонячну енергетику. [Електронний ресурс]: Веб-сайт, який надає дані про погоду, онлайн-додатки та консультаційні послуги для прийняття більш ефективних рішень щодо сонячної енергії. – Режим доступу: https://apps.solargis.com/
5. ДТЕК побудував найбільшу в Україні Нікопольську СЕС на 246 МВт [Електронний ресурс]: Інформаційне агентство "Інтерфакс-Україна". Режим доступу: https://ua.interfax.com.ua/news/economic/566364.html
6. Зур’ян О. В. Екологічно безпечні відновлювані джерела отримання теплової енергії. Укр. Держ. геологорозвідувальний ін-т [Електронний ресурс]: автор дисертації Зур’ян О. В. Режим доступу: http://www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/dis_Zurian.pdf
7. Ковальов І. О. Альтернативні джерела енергії України: навч. посіб. / І. О. Ковальов, О. В. Ратушний. – Суми: Вид-во СумДУ, 2015. – 201 с.
8. Конституція України. Закон України «Про електроенергетику» [Прийнятий Верховною радою 16 жовтня 1997 року, зі змінами та доповненнями станом на 10 січня 2011 р.] Відомості Верховної Ради (ВВР) – 1998. – №1 – с.1.

9. Кудря С.О. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України / Кудря С.О.; НАН України Інститут електродинаміки та ін. – К, 2001. – 41 с.
10. Лукутин Б. В. Возобновляемые источники электроэнергии : учеб. пособие / Б. В. Лукутин. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 187 с.
11. Мисак И. С. Сонячна енергетика: теорія та практика /И. С. Мисак, О. Т. Возняк, О. С. Дацько, С. П. Шаповал; Нац. ун-т "Львівська політехніка". – Л. : Вид-во Львів. політехніки, 2014. – 340 с.
12. Національний атлас України. – К.: ДНВП «Картографія», 2007. – 440 с.
13. Паламар В., Використання відновлюваних джерел енергії у системі енергопостачання приватного будинку / В. Паламар. – Редакційна колегія. – 2018. – 287 с.
14. Петровский Е.С. Эффективные механизмы государственной поддержки возобновляемой энергетики в мировой практике. / Е.С. Петровский, О.И. Шуткин – Вестник Университета. — М.: ГУУ, 2012. — No 5. — С. 52–57.
15. Полянський О. С. Напрями розвитку альтернативних джерел енергії: акцент на твердому біопаливі та гнучких технологіях його виготовлення : монографія / О. С. Полянський, О. В. Дьяконов, О. С. Скрипник та ін. [за заг. ред. В. І. Д'яконова] ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 136 с. – 25 с.
16. Програма фінансування альтернативної енергетики України (USELF-III). [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.ebrd.com/documents/comms-and-bis/psd-51307.pdf
17. Сонячна енергетика: огляд галузі: [Електронний ресурс] / за матеріалами компанії Nitol Solar Limited. – Режим доступу: http://nitolsolar.com/rusolarenergy/
18. Сонячні електростанції у приватних домогосподарствах (СЕСд): динаміка розвитку. [Електронний ресурс]: Сайт Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України. – Режим доступу:

https://saee.gov.ua/uk/content/sesd

19. Сонячні інновації. Як використовувати енергію Сонця на благо? [Електронний ресурс]: Веб-сайт ДТЕК. Режим доступу: https://renewables.dtek.com/media-center/press/solnechnye-innovatsii-kak-ispolzovat-energiyu-solntsa-vo-blago/
20. Тихомиров В.Г. Технология пивоваренного и безалкогольного производств./ В.Г. Тихомиров – М.: Колос, 1998. – 488 с.
21. У Європі за 2022 рік вдвічі зросли потужності сонячної енергетики [Електронний ресурс]: стаття з журналу «Екополітика» від 21.12.2022. – Режим доступу: https://ecopolitic.com.ua/ua/news/v-ievropi-za-2022-rik-vdvichi-zrosli-potuzhnosti-sonyachnoi-energetiki/
22. Wong L.T. Solar radiation model/ L.T. Wong, W.K. Chow – Applied Energy 69, 2001. – pp. 191–224,