

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра механіки та інженерії агроєкосистем

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**ГНАТЮК МИКОЛА ВОЛОДИМИРОВИЧ**

УДК 620.92

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**Розроблення проекту використання сонячної енергії для живлення  
молочної ферми**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр  
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання  
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

---

М.В. Гнатюк

**Керівник роботи**

Кухарець С. М.

Доктор технічних наук, професор

**Житомир – 2020**

## АНОТАЦІЯ

**Гнатюк Микола Володимирович. Розроблення проекту використання сонячної енергії для живлення молочної ферми.** – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2020.

Денне споживання енергії на фермі 200 голів дійних корів складе 319 кВт год, річне – 114 840 кВт год. Для забезпечення таких потреб в електричній енергії необхідна електростанція потужністю 81 кВт.

З метою ефективного використання сонячної електростанції в роботі виконано техніко-економічний аналіз та обрано оптимальний варіант системи. Встановлено, що для електростанції, яка має можливість реалізації електричної енергії за зеленим тарифом буде найнижчий термін окупності – 3,2 роки, а для автономної електростанції термін окупності становитиме – 4,8 років.

Крім того в роботі доведено, що огляди панелей сонячної електростанції за допомогою тепловізійної камери - починаючи з контролю якості на етапі встановлення, та продовжуючи проведенням регулярних перевірок - забезпечують повний моніторинг стану системи.

*Ключові слова: електростанція, сонце, фотовольтаїка, панель, інвертор, конструкція, тепловізор*

## ANNOTATION

**Gnatyuk Mykola. Development of a project to use solar energy to power a dairy farm.** – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for a master's degree in specialty 208 – Agricultura 1 Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2020.

The daily energy consumption on the farm of 200 dairy cows will be 319 kWh, annual – 114.840 kWh. To meet such electricity needs, a power plant with a capacity of 81 kW is required.

In order to effectively use the solar power plant, a technical and economic analysis was performed and the optimal version of the system was selected. – 4.8 years.

In addition, the paper proves that inspections of solar power plant panels with a thermal imaging camera - starting with quality control at the installation stage, and continuing with regular inspections - provide full monitoring of the system.

Keywords: power plant, sun, photovoltaics, panel, inverter, construction, thermal imager

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	5
РОЗДІЛ 1 ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ НА МОЛОЧНИХ ФЕРМАХ .....	7
Висновок до розділу 1.....	11
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ ТВАРИННИЦЬКОЇ ФЕРМИ.....	12
Висновки до розділу 2 .....	22
РОЗДІЛ 3 МОНІТОРИНГ СТАНУ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕПЛОВІЗОРА.....	23
Висновок до розділу 3.....	25
ВИСНОВКИ.....	26
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	27
ДОДАТКИ.....	29

## ВСТУП

Собівартість продукції тваринництва, загалом та молока, зокрема є високою. І не в останню чергу через високу вартість енергоресурсів, що використовуються в процесі виробництва. Тому одним із способів зниження вартості кінцевої продукції є використання відновлюваної енергії, зокрема і за рахунок використання сонячних електростанцій.

Кількість та вартість електроенергії, яка може бути вироблена сонячною електростанцією залежить від того, скільки сонячного світла вона отримує та від її конструкційних особливостей. Це все обумовлює актуальність нашого дослідження.

**Мета і задачі дослідження.** Мета дослідження – підвищити рівень енергетичної та екологічної ефективності виробництва продукції тваринництва за рахунок використання енергії сонця.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі задачі:  
провести аналіз, щодо доцільності використання сонячних електростанцій;  
розробити конструкцію сонячної електростанції;  
провести дослідження стану сонячних панелей;

**Об'єкт дослідження:** елементи конструкції сонячної електростанції.

**Предмет дослідження:** взаємозв'язок параметрів елементів обладнання для використання сонячної енергії з техніко-технологічними показниками.

**Перелік публікацій автора за темою дослідження:**

1. Гнатюк М.В. обґрунтування доцільності використання сонячних електростанцій на молочних фермах. Наукові читання–2020: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики, 5-6 березня 2020 р. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. С. 62–63.

2. Кухарець Савелій, Гнатюк Микола, Шуляк Ольга, Ніколайчук Володимир. Моніторинг стану сонячних панелей за допомогою тепловізора. Біоенергетичні системи: матеріали IV Міжн. наук.-практ. конф., 29 трав. 2020 р. Житомир : Вид.-во ПНУ, 2020. С. 149–150.

**Практичне значення одержаних результатів.** Основні результати дослідження спрямовані на вдосконалення використання сонячної енергії в аграрному виробництві. На основі проведеного дослідження розроблено конструкцію сонячної електростанції потужністю 81 кВт.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 21 найменування. Загальний обсяг роботи становить 31 сторінка комп'ютерного тексту, містить 5 таблиць і 11 рисунків.

# РОЗДІЛ 1

## ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ НА МОЛОЧНИХ ФЕРМАХ

Великі витрати електричної енергії в процесі виробництва молока та іншої продукції тваринництва [1, 2] сприяють низькій рентабельності молочно-товарної галузі аграрного виробництва. Одним із способів зниження вартості кінцевої продукції є використання відновлюваної енергії [3, 4]. Одним із таких джерел є сонячні електростанції.

Кількість електроенергії, яка може бути вироблена сонячною електростанцією залежить від того, скільки сонячного світла вона отримує та від її конструкційних особливостей [5, 6].

Сонячне випромінювання – енергія, яку ми отримуємо від Сонця вимірюється в кіловат-годинах на квадратний метр (кВт/год м<sup>2</sup>) на день або на рік (рис. 1.1).

Як видно із карти на рис.1 Україна має досить добрі характеристики для ефективного використання сонячної енергії майже в будь якому регіоні країни.

Компоненти сонячної системи залежать від призначення електростанції наприклад мережеві електростанції містять: сонячні батареї – перетворюють сонячне випромінювання на електричну енергію, монтажні рами – для розміщення сонячних панелей, інвертор – перетворює електроенергію постійного струму, вироблену сонячними панелями на змінний струм, провід - передає електроенергію від системи до обладнання, лічильник - вимірює кількість виробленої енергії та керує системою [4]. Мережна електростанція для вироблення змінного струму та безпосередньої подачі його до мережі за зеленим тарифом, або для власних потреб (рис. 1.2).

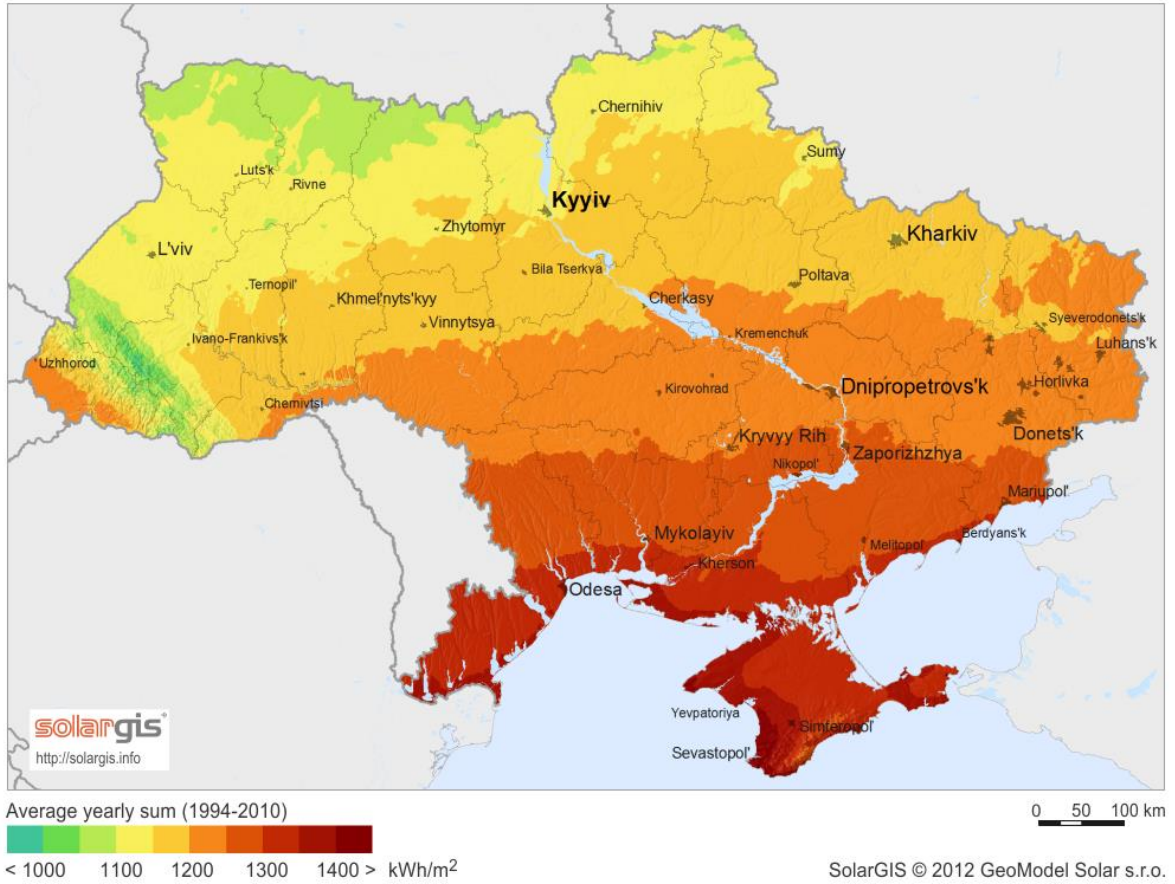


Рис. 1.1. Карта сонячної активності України [7]

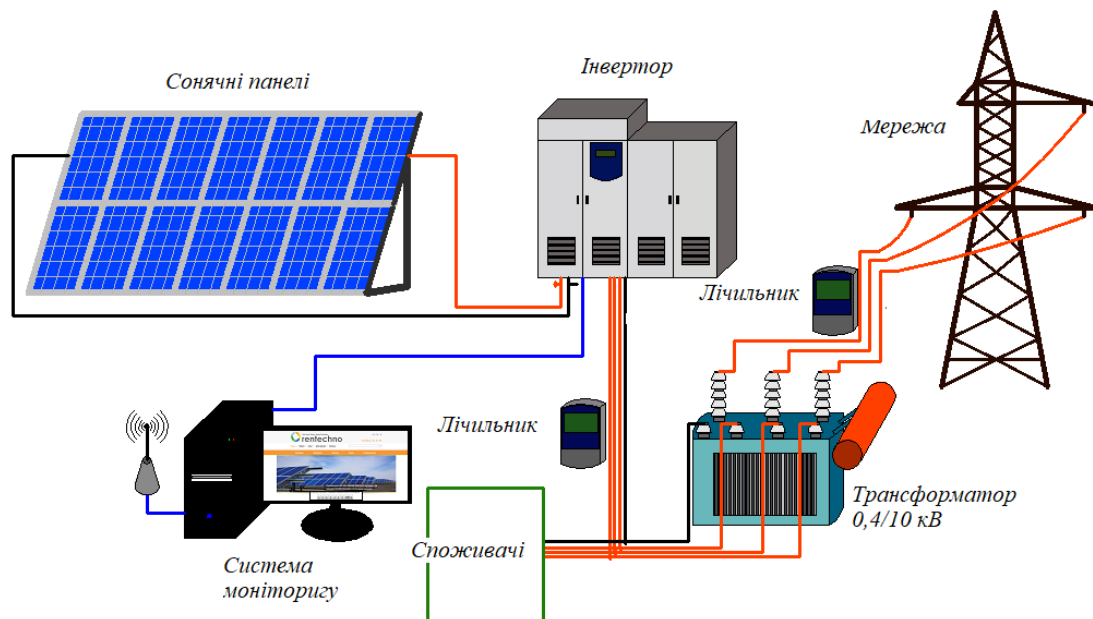


Рис. 1.2. Схема мережевої електростанції [8]



Мережеві електростанції є простими, відносно дешевими та надійними. Проте вони мають суттєвий недолік – дають мало енергії в темпу пору часу. А на молочній фермі електрична енергія необхідна цілодобово. Тому можна розглянути питання, щодо використання акумуляторів в системі. Хоча це значно і здорожчує електростанцію.

Мережева сонячна електростанція під'єднується до загальної електричної мережі та частково або повністю компенсує потреби в електричній енергії упродовж світлового дня, а надлишкову енергію постачає в мережу за спеціальним «зеленим» тарифом. Для перетворення постійного струму в змінний із необхідними параметрами та для регулювання процесу споживання електричної енергії, що вироблено сонячною електростанцією призначений мережевий інвертор. Схему підключення такої електростанції наведено на рис. 1.3.

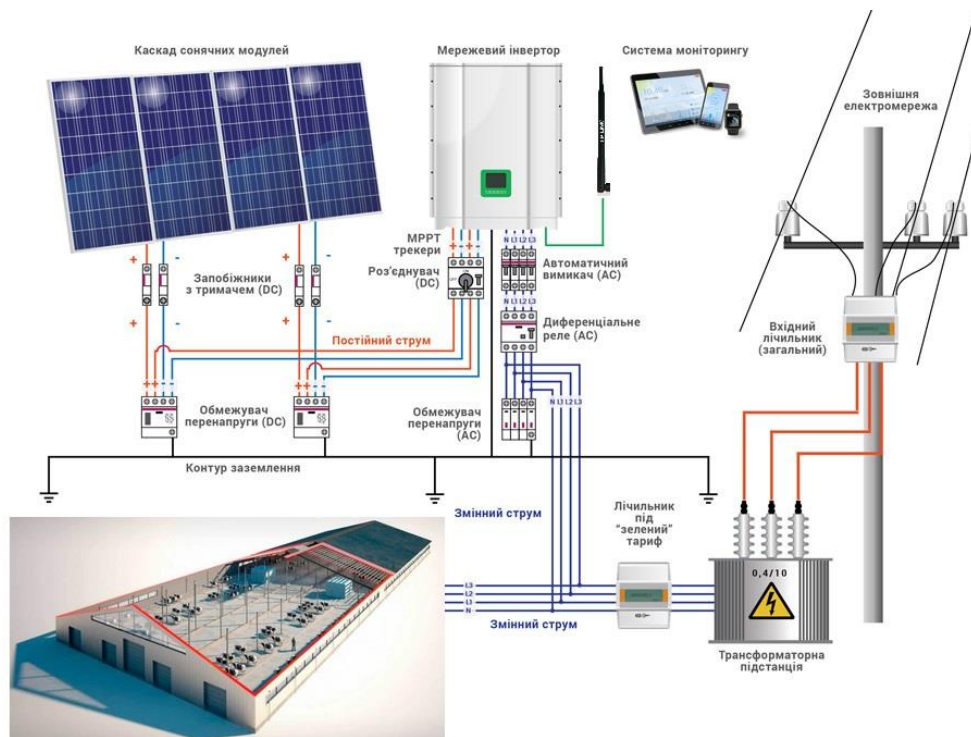


Рис. 1.3. Схема підключення мережевої сонячної електростанції

Вироблений станцією постійний електричний струм надходить на мережевий інвертор, який перетворює струм з постійного на змінний з необхідними параметрами (220 / 380В і 50 Гц) [9, 10]. Із інвертора змінний струм подається до споживача, якщо енергії не достатньо то споживач (тваринницька ферма) частину енергії отримує із зовнішньої мережі. Коли ж станція виробляє надлишкову потужність то частина змінного струму надходить до загальної мережі за спеціальним тарифом. Коли подача енергії не можлива до загальної мережі перетікання надлишкової енергії в мережу необхідно обмежити, для цього встановлюють так званні «смарт-міттери» [11, 12] які обмежують виробництво електричної енергії до рівня споживання. Крім смарт-міттера можливе встановлення ватроутера, що дозволяє частину електричної енергії перевести резервні споживачі, наприклад створити запас води, чи нагріти якийсь об'єм води чи зарядити акумуляторні батареї.

Як варіант можливе встановлення автономної електричної станції (рис. 1.4) [13], доречним це буде у місцях де є гарні пасовища, а постачання електричної енергії утруднено через технічні чи економічні проблеми.

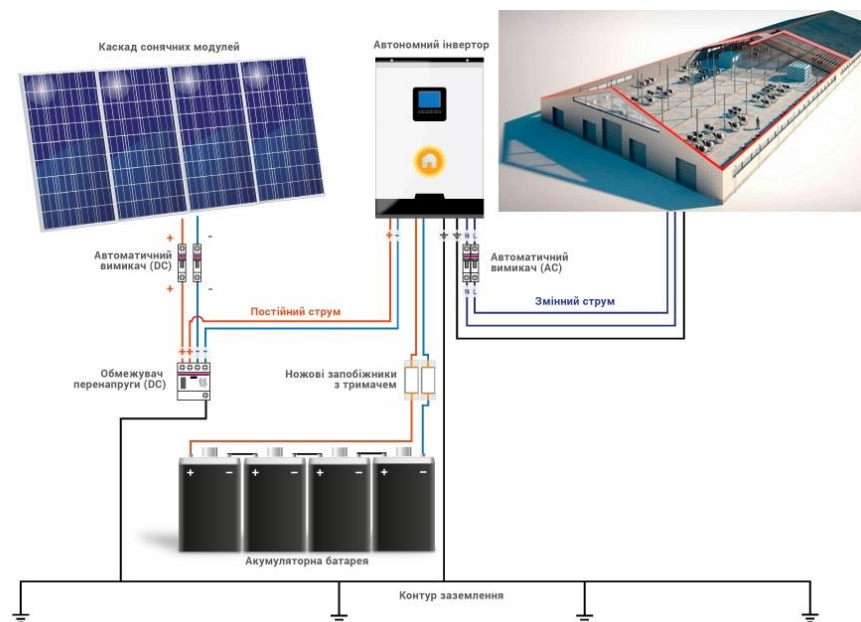


Рис. 1.4. Автономна електростанція

В автономній станції вироблена електрична енергія надходить на накопичувачі енергії, в основному це акумуляторні батареї. Необхідно відмітити, що наявність акумуляторних батарей значно підвищує вартість електростанції, крім того строк служби батарей відносно незначний (3-4 роки).

### **Висновок до розділу 1**

На мою думку використання сонячних електростанцій на молочних фермах доречне. Проте, для цього необхідно виконати техніко-економічний аналіз та вибрати оптимальний варіант. Можливе використання акумуляторних систем, вони автономні але дорогі. А можливе використання звичайних мережевих електростанцій, в яких компенсацію витрат електроенергії може забезпечити зелений тариф.

## РОЗДІЛ 2

### РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ ТВАРИННИЦЬКОЇ ФЕРМИ

Параметри сонячної електростанції оберемо згідно показників функціонування та споживання електроенергії в типовому корівнику на 200 голів (рис 2.1).



Рис. 2.1. Зовнішній вигляд молочно-товарної ферми на 200 корів [14]

Основними споживачами такої ферми будуть: системи доїння, зокрема вакуумний насос – 10 кВт, обладнання для первинної переробки молока, зокрема для охолодження молока – 8 кВт та пастеризації молока і нагрівання води – 12 кВт; системи видалення гною – 11 кВт; системи мікроклімату та освітлення – 8 кВт. Для даної ферми обираємо роботу в одну зміну із дворазовим доїнням.

Графік роботи основного обладнання ферми наведено на рис. 2.2.

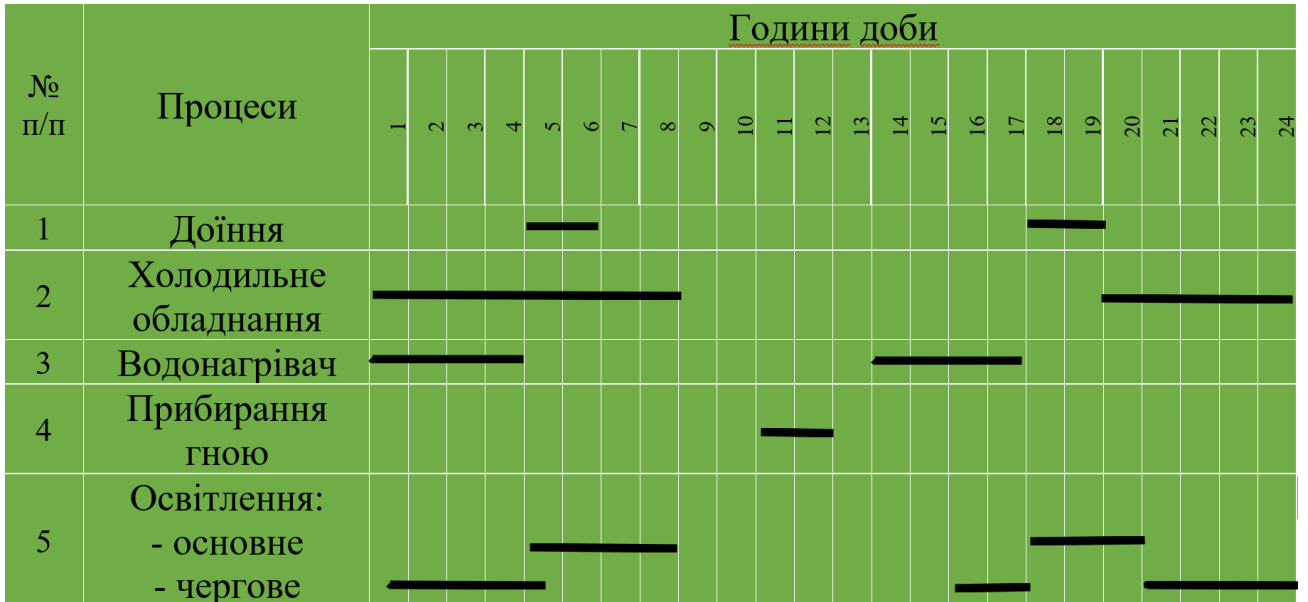


Рис. 2.2. Графік роботи обладнання ферми

Відповідно до графіка роботи та споживаної потужності побудована навантажувальна діаграма (рис. 2.3).

Споживана потужність, кВт

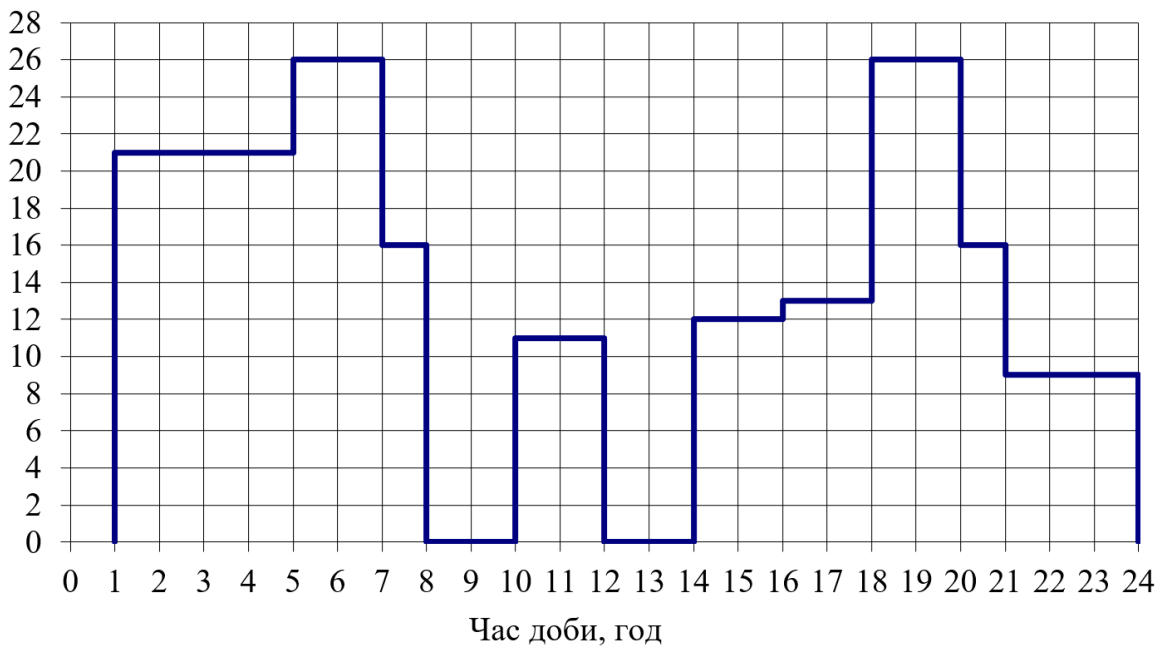


Рис. 2.3. Навантажувальна діаграма

Згідно графіка на рис 2.3. можна встановити, що денне споживання енергії складе 319 кВт год, за місяць (в розрахунку 30 днів) – 9570 кВт год, за рік – 114 840 кВт год. Виходячи із коефіцієнта 1,4 для забезпечення потреб в електричній енергії необхідна електростанція потужністю 81 кВт. Проте враховуючи, що 40...45% електроенергії споживається в темну пору часу можна встановити електростанцію потужністю 40 кВт, або для станції потужністю 81 кВт передбачити можливість реалізації виробленої надлишкової енергії в мережу за зеленим тарифом, чи забезпечити станцію системами акумулювання.

Виберемо конструкцію із трьох основних елементів (столів), кожний із яких буде нести по 27 кВт сонячних панелей.

Для нашої конструкції оберемо сучасні монокристалічні сонячні панелі TRINA SOLAR TALLMAX M DE17M(II), характеристика яких наведена | в табл. 2.1.

Таблиця 2.1. Характеристики сонячних панелей

Параметр	Позначення	Значення
Назва	-	Trina Solar
Тип	-	монокристалічні
Максимальна потужність	Вт	450
Напруга при максимальній потужності	В	41
Струм при максимальній потужності	А	11
Максимальна напруга у системі	В	1500
Ширина	мм	1040
Довжина	мм	2102
Товщина	мм	35
Вага	кг	24
Вартість	грн	3900

Сонячні панелі TRINA SOLAR TALLMAX M DE17M(II) виготовлені відповідно до технології “Half cut” [14], що дозволяє отримати нижчу робочу температуру панелі та підвищити якість генерації електричної енергії в умовах недостатньої освітленості. Висока потужність дозволяє використовувати меншу кількість панелей, відтак питома вартість гр на кВт для таких панелей мінімальна у своєму класі.

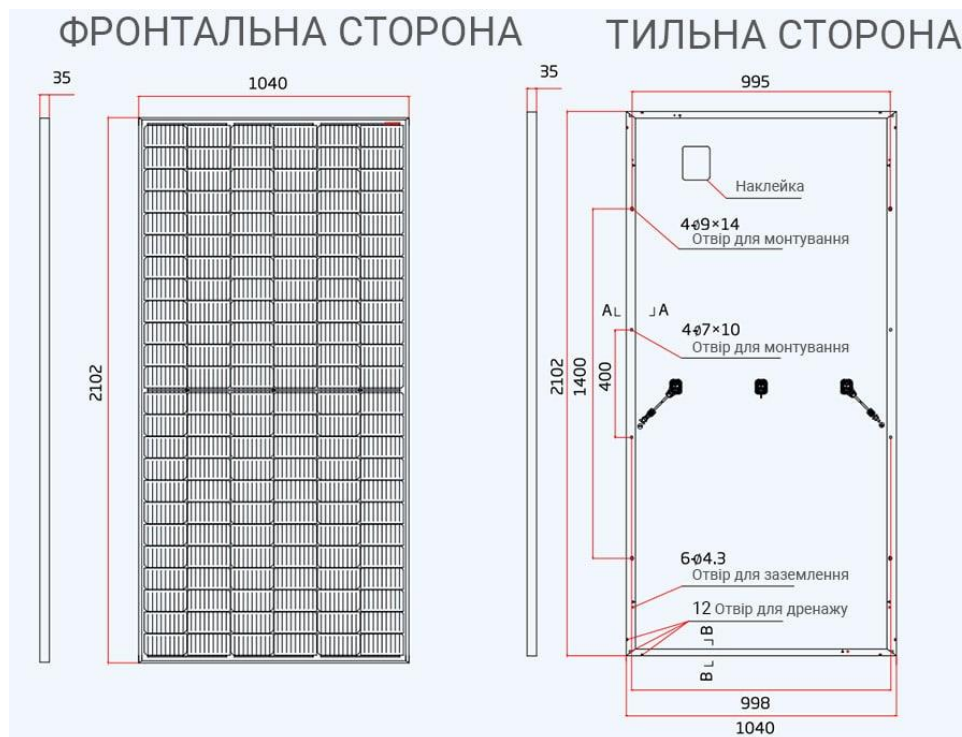


Рис. 2.4. Монтажна схема сонячних панелей TRINA SOLAR TALLMAX M DE17M(II)

Враховуючи потужність панелі 450 Вт, таких панелей необхідно 60 модулів на один стіл, всіх панелей необхідно 180, а проектна потужність станції у такому випадку становитиме 81000 Вт.

В якості інвертора обираємо доступний в Україні 100 кВт інвертор HUAWEI SUN2000-100KTL-M0 (рис. 2.5) [15]. Надлишкова потужність інвертора дозволить встановити до 30% додаткової електричної потужності при

розширенні виробництва без заміни інвертора. Крім того вартість інверторів 100 кВт і 80 кВт відрізається на 7%, що не є суттєвим.



Рис. 2.5. Зовнішній вигляд інвертора HUAWEI SUN2000-100KTL-M0

Характеристики інвертора SUN2000-100KTL-M0 наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. Характеристики інвертора

Параметр	Позначення	Значення
Назва	-	HUAWEI
Тип	-	SUN2000
Максимальна потужність	кВт	100
Діапазон вхідної напруги	В	200-1100
Максимальний струм трекера	А	26
Вихідний струм	А	144.4
Вихідна напруга	В	3x220/380
Вихідна частота	Гц	50
Габаритні розміри	мм	1035x700x365
Вага	кг	85
Вартість	грн	159000



Важливою перевагою інвертора HUAWEI SUN2000-100KTL-M0 це наявність 10 трекерів із 20 входами. Що дозволяє підключити до інвертора 20 стрінгів чи збірок сонячних панелей.

Враховуючи параметри інвертора ми пропонуємо на кожному столі сформувати стрінги по 15 панелей, таким чином загальна кількість стрінгів становитиме 12. Максимальна напруга в кожному стрінгу складе 615 Вт, що задовольняє технічним вимогам.

Ще одним необхідним елементом сонячної електростанції є система захисту, що складається із таких елементів: обмежувачі перенапруги для постійного та змінного струмів, запобіжники на кожному лінії, автоматичний вимикач.

Для встановлення сонячних панелей в системі проектування SolidWorks нами було спроектовано металоконструкцію (рис. 2.6) та в цій же системі проведено її розрахунки на міцність.

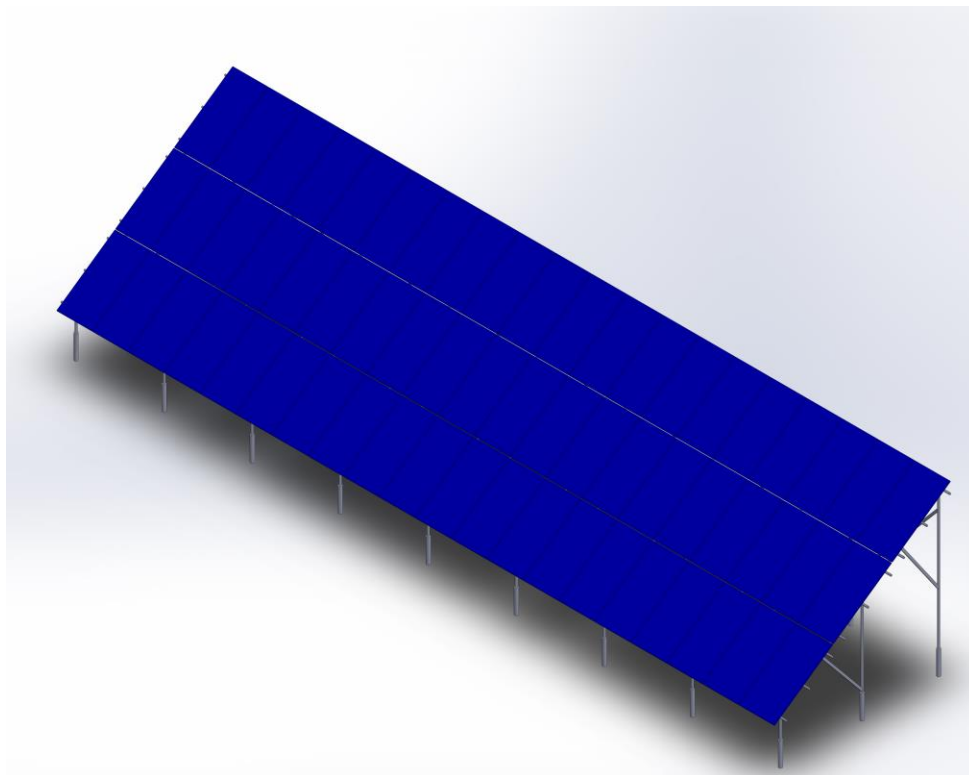


Рис. 2.6. Зовнішній вигляд стола на 60 панелей

Розрахунки виконувалися для квадратних труб 60 мм на 40 мм із товщиною стінки 3 мм. Розрахунки проводили на міцність при розтягуванні стисканні, згин та втрату стійкості (рис 2.7).

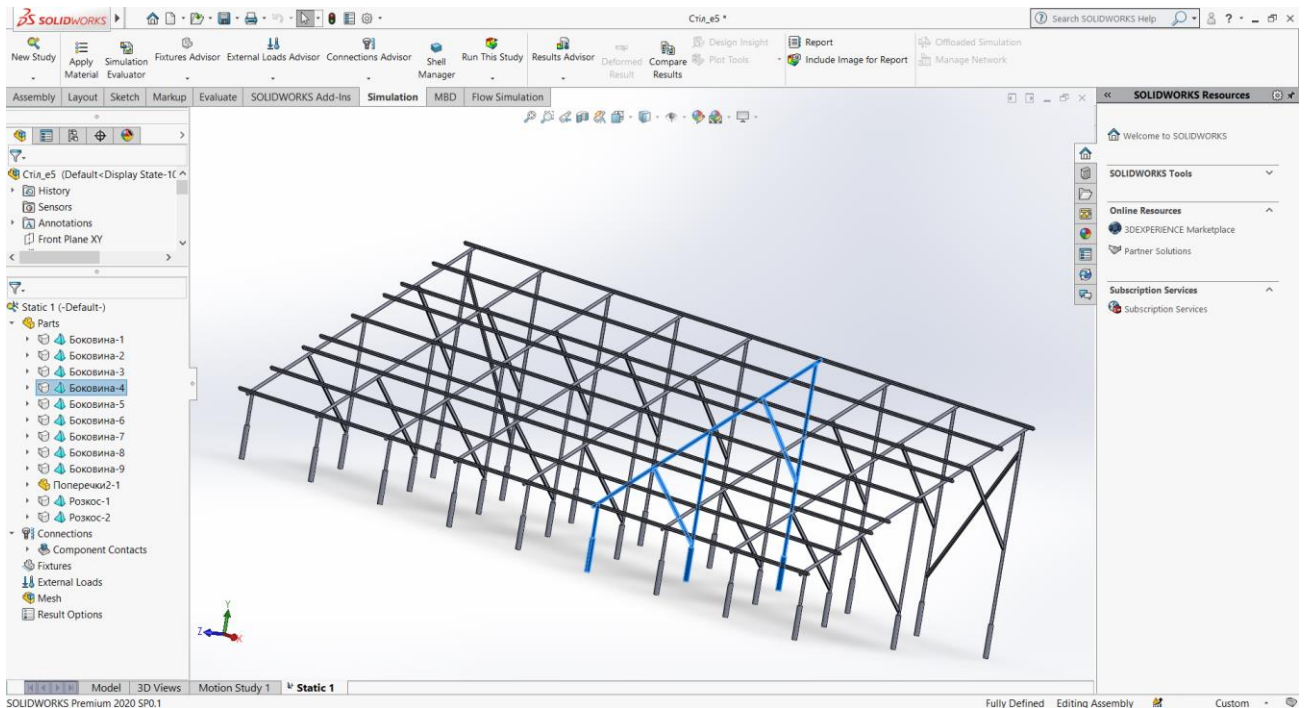


Рис. 2.7. Приклад розрахунку

Монтажні креслення металоконструкції наведено в додатку роботи.

Проведемо техніко-економічний розрахунок. Причому розрахунок виконаємо у трьох-варіантах. Варіант один – мережева станція із зеленим тарифом. Варіант два – мережева станція без зеленого тарифу, але із можливістю реалізації надлишкової електричної енергії. Варіант три – повністю автономна електростанція. Розрахунок виконаєм в табличній формі (табл. 2.4 – 2.5).

Таблиця 2.3. Техніко-економічні показники сонячної електростанції із  
«зеленим» тарифом

Елемент чи параметр станції	Розм.	Значення для одиниці	Кількість	Загальне значення
Вартість сонячних панелей TRINA SOLAR TALLMAX M DE17M(II)	грн	3900	180	702000
Потужність сонячних панелей TRINA SOLAR TALLMAX M DE17M(II)	Вт	450	180	81000
Вартість інвертора	грн	159000	1	159000
Вартість металоконструкції	грн	50000	3	150000
Вартість монтажу металоконструкції	грн	10000	3	30000
Вартість комплексу кріплень	грн	20	180	3600
Вартість комплексу конекторів	грн	100	16	1600
Вартість соларного кабелю	грн	25	300 м	7500
Вартість комплексу електрофурнітури	грн	7500	1	7500
Електромонтажні та налагоджувальні роботи	грн	25000	1	25000
Інші витрати	грн			25000
Загальна вартість електростанції	грн			1192200
Вартість енергії, що вироблено для власних потреб (55%)	грн	2,4	63000 кВт год	151000
Вартість енергії, що реалізовано за зеленим тарифом (45%)	грн	4,25	52000 кВт год	221000
Загальна вартість виробленої електроенергії				372000
Термін повернення капіталовкладень	роки			3,2 роки

Таблиця 2.4. Техніко-економічні показники сонячної електростанції із можливістю реалізації надлишкової електричної енергії (без зеленого тарифу)

Елемент чи параметр станції	Розм.	Значення для одиниці	Кількість	Загальне значення
Вартість сонячних панелей TRINA SOLAR TALLMAX M DE17M(II)	грн	3900	180	702000
Потужність сонячних панелей TRINA SOLAR TALLMAX M DE17M(II)	Вт	450	180	81000
Вартість інвертора	грн	159000	1	159000
Вартість металоконструкції	грн	50000	3	150000
Вартість монтажу металоконструкції	грн	10000	3	30000
Вартість комплексу кріплень	грн	20	180	3600
Вартість комплексу конекторів	грн	100	16	1600
Вартість солярного кабелю	грн	25	300 м	7500
Вартість комплексу електрофурнітури	грн	7500	1	7500
Електромонтажні та налагоджувальні роботи	грн	25000	1	25000
Інші витрати	грн			25000
Загальна вартість електростанції	грн			1192200
Вартість енергії, що вироблено для власних потреб (55%)	грн	2,4	63000 кВт год	151000
Вартість енергії, що реалізовано за звичайним тарифом (45%)	грн	1,96	52000 кВт год	101920
Загальна вартість виробленої електроенергії				372000
Термін повернення капіталовкладень	роки			4,7 років

Таблиця 2.5. Техніко-економічні показники автономної сонячної електростанції

Елемент чи параметр станції	Розм.	Значення для одиниці	Кількість	Загальне значення
Вартість сонячних панелей TRINA SOLAR TALLMAX M DE17M(II)	грн	3900	180	702000
Потужність сонячних панелей TRINA SOLAR TALLMAX M DE17M(II)	Вт	450	180	81000
Вартість інвертора	грн	159000	1	159000
Вартість блоку акумуляторів по 200 Агод	грн	20300	6	121800
Вартість металоконструкції	грн	50000	3	150000
Вартість монтажу металоконструкції	грн	10000	3	30000
Вартість комплекту кріплень	грн	20	180	3600
Вартість комплекту конекторів	грн	100	16	1600
Вартість солярного кабелю	грн	25	300 м	7500
Вартість комплекту електрофурнітури	грн	7500	1	7500
Електромонтажні та налагоджувальні роботи	грн	25000	1	25000
Інші витрати	грн			25000
Загальна вартість електростанції	грн			1192200
Вартість енергії, що вироблено для власних потреб (100%)	грн	2,4	114000 кВт	151000
Термін повернення капіталовкладень	роки			4,8 років

Проведений техніко-економічний аналіз дозволяє стверджувати, що для електростанції, що має можливість реалізації електричної енергії за зеленим тарифом буде найнижчий термін окупності – 3,2 роки, а для автономної електростанції такий термін складе – 4,8 років.

## Висновки до розділу 2

Денне споживання енергії на фермі 200 голів ВРХ складе 319 кВт год, за місяць (в розрахунку на 30 днів) – 9570 кВт год, за рік – 114 840 кВт год. Виходячи із коефіцієнта 1,4 для забезпечення потреб в електричній енергії необхідна електростанція потужністю 81 кВт. Проте враховуючи, що 40...45% електроенергії споживається в темну пору часу можна встановити електростанцію потужністю 40 кВт, або для станції потужністю 81 кВт передбачити можливість реалізації виробленої надлишкової енергії в мережу за зеленим тарифом, чи забезпечити станцію системами акумулювання.

Виберемо конструкцію із трьох основних елементів (столів), кожний із яких буде нести 60 сонячних панелей загальною потужністю 27 кВт. Для нашої конструкції оберемо сучасні монокристалічні сонячні панелі TRINA SOLAR TALLMAX M DE17M(II). Враховуючи параметри інвертора HUAWEI SUN2000-100KTL-M0 ми пропонуємо на кожному столі сформувати стрінги по 15 панелей, таким чином загальна кількість стрінгів становитиме 12. Максимальна напруга в кожному стрінгу складе 615 В, що задовольняє технічним вимогам.

Проведений техніко-економічний аналіз дозволяє стверджувати, що для електростанції, що має можливість реалізації електричної енергії за зеленим тарифом буде найнижчий термін окупності – 3,2 роки, а для автономної електростанції такий термін складе – 4,8 років.

### РОЗДІЛ 3

## МОНІТОРИНГ СТАНУ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕПЛОВІЗОРА

В процесі роботи сонячної електростанції на загальну електромережу необхідно забезпечити високу надійність безперебійної генерації електричної енергії. Крім того інші показники експлуатації, ремонту та обслуговування сонячної електростанції також мають важливу роль. Для безперебійної роботи сонячних електростанцій використовують різні методи обстеження і діагностування неполадок [16]. Такими методами є візуальний огляд, перевірка електричних параметрів та тепловізія [16]. Найкращий результат дає комбінування цих методів , також необхідний подальший аналіз результатів моніторингу для встановлення стану сонячної електростанції.

Зовні сонячні панелі можуть виглядати цілком приданими для експлуатації, проте наявність в кремнієвих елементах мікропошкоджень сприяють зменшенню терміну експлуатації сонячної панелі та призводять до випалювання та виходу із ладу кремнієві елементів а то і всієї сонячної панелі.

Для сонячної панелі притаманні наступні типи дефектів [16]:

- дефекти виробництва;
- мікро пошкодження кремнієвих комірок;
- наявність в процесі експлуатації зон довготривалого затінення;
- дефекти захисних діодів;
- някісні контактні групи.

Для виявлення дефектних елементів сонячної панелі ми виконали тепловізійний аналіз стану сонячних батарей, які було зірвано із металоконструкції сонячної електростанції, під впливом сильного вітру. Для

проведення тепловізійного обстеження ми використали тепловізор Testo 871 (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Тепловізійне обстеження стану сонячних панелей

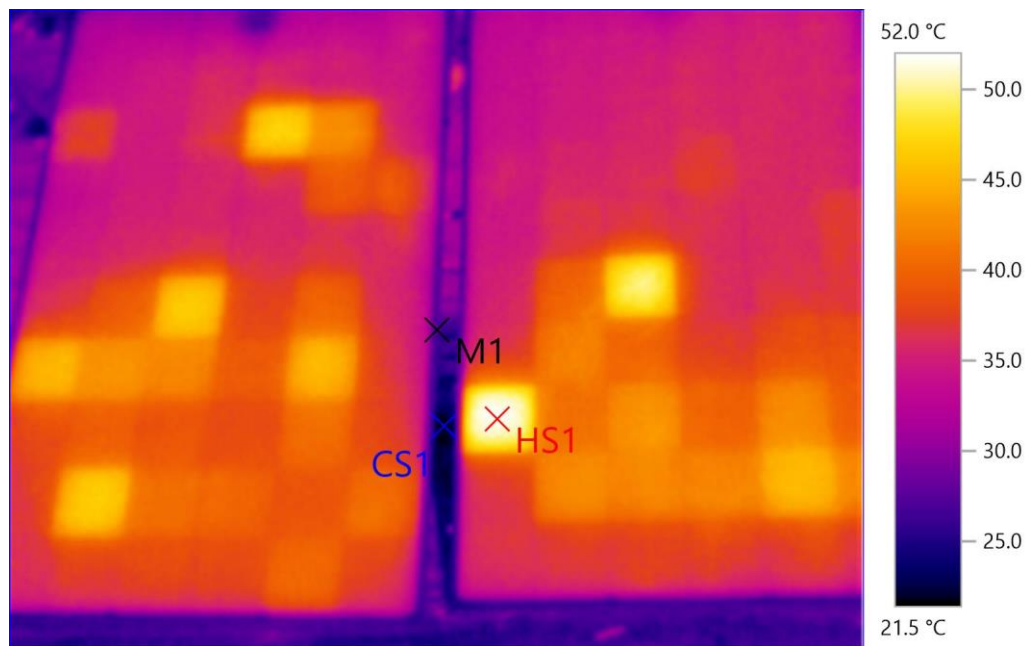


Рис. 3.2. Клаптевий дефект панелі



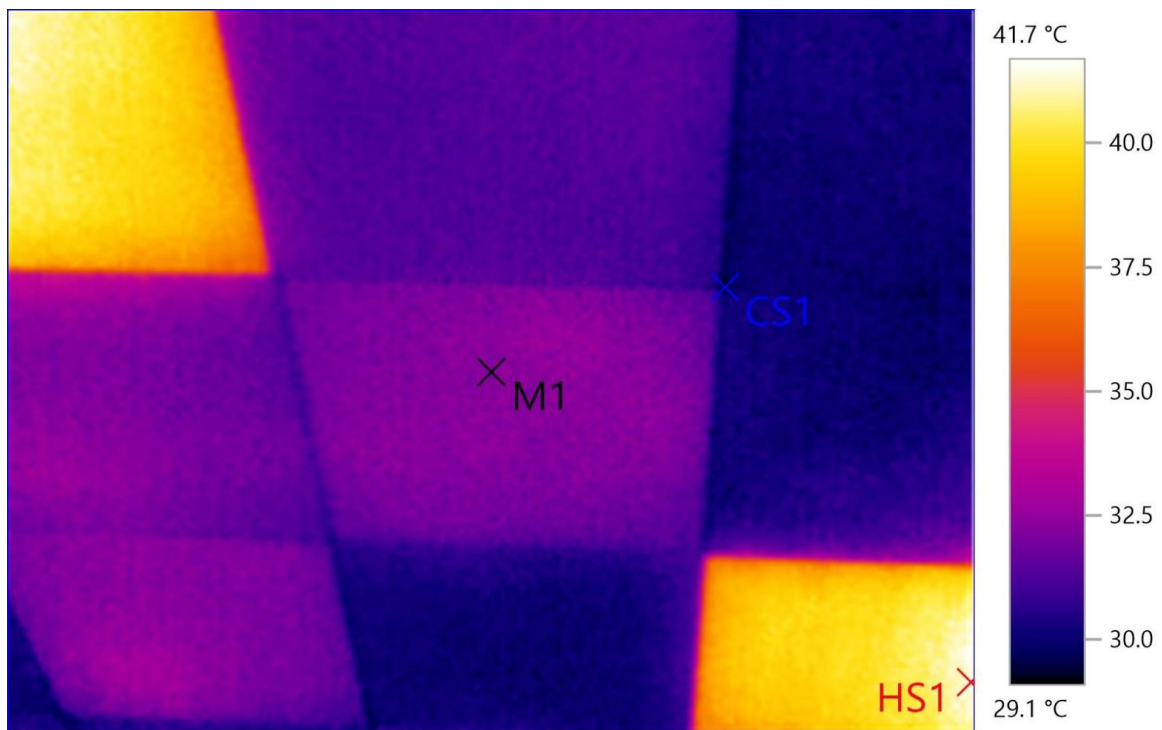


Рис. 3.3. Дефект перегріву елементів панелі

Під час дослідження п'ять панелей з'єднувалися в один стрінг. До стрінгу під'єднувалося електричне навантаження. Під час тепловізійного обстеження було виявлено такі дефекти- клаптевий (рис. 3.2) та перегрів (рис. 3.3). Клаптевий дефект означає, що захисний діод пошкоджений. Перегрів свідчить про пошкодження кремнієвого елемента чи заводський брак.

### Висновок до розділу 3

Обстеження за допомогою тепловізора забезпечує якісний моніторинг стану панелей сонячної електростанції. Вчасне та якісне встановлення дефектів панелей сонячної електростанції допоможе зберегти продовжить їх термін експлуатації.

## ВИСНОВКИ

Використання сонячних електростанцій на молочних фермах є доречним. Проте, для цього необхідно виконувати техніко-економічний аналіз та обирати оптимальний варіант системи. Можливе використання акумуляторних систем, вони автономні але дорогі. А можливе використання звичайних мережевих електростанцій, в яких компенсацію витрат електроенергії може забезпечити зелений тариф.

Денне споживання енергії на фермі 200 голів ВРХ складе 319 кВт год, за місяць (в розрахунку на 30 днів) – 9570 кВт год, за рік – 114 840 кВт год. Виходячи із коефіцієнта 1,4 для забезпечення потреб в електричній енергії необхідна електростанція потужністю 81 кВт.

Проведений техніко-економічний аналіз дозволяє стверджувати, що для електростанції, що має можливість реалізації електричної енергії за зеленим тарифом буде найнижчий термін окупності – 3,2 роки, а для автономної електростанції такий термін складе – 4,8 років.

Під час тепловізійного обстеження сонячних панелей за допомогою тепловізора нами було виявлено такі дефекти- клаптевий та перегрів. Клаптевий дефект означає, що захисний діод пошкоджений. Перегрів свідчить про пошкодження кремнієвого елемента чи заводський брак.

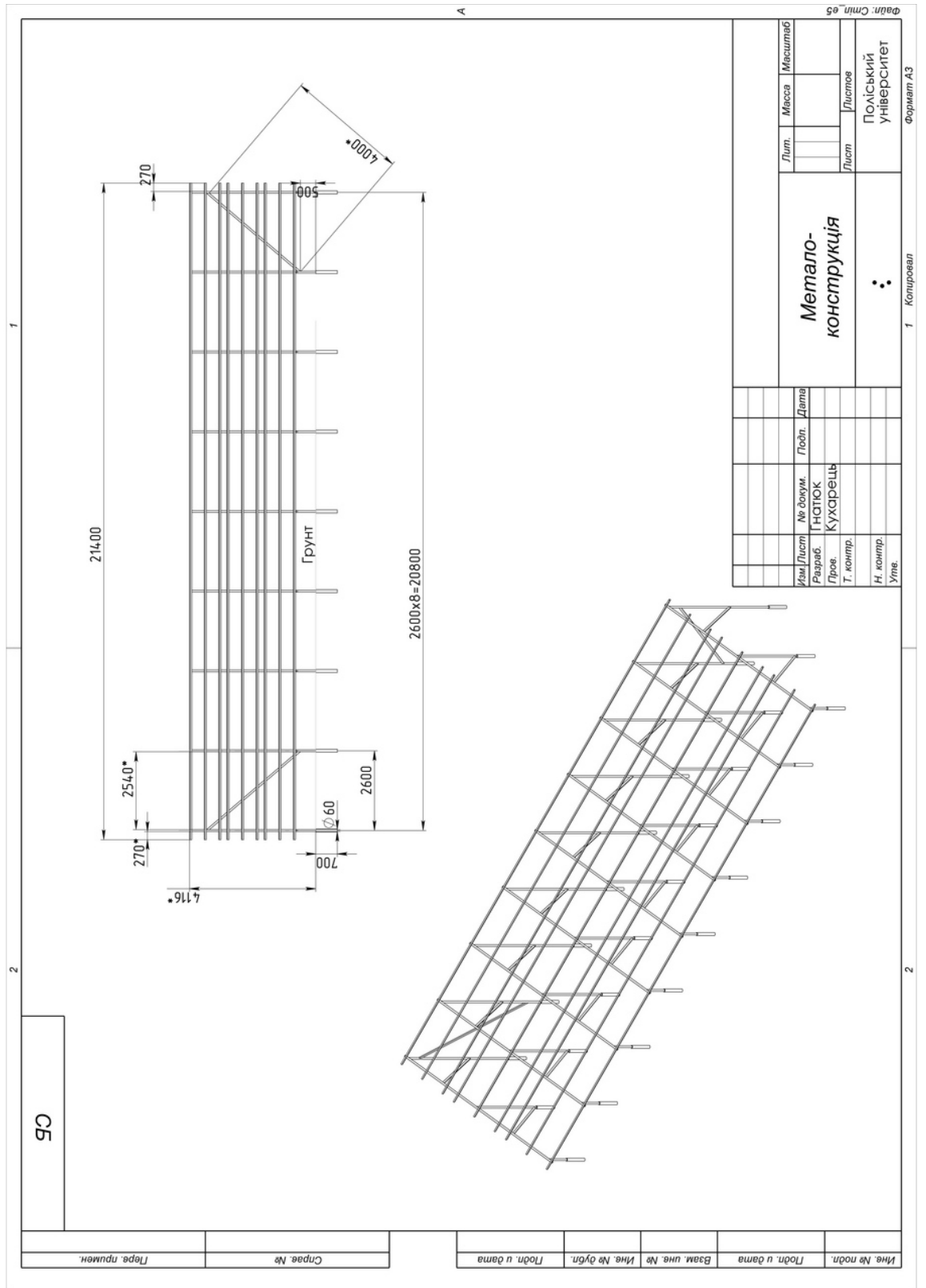
## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

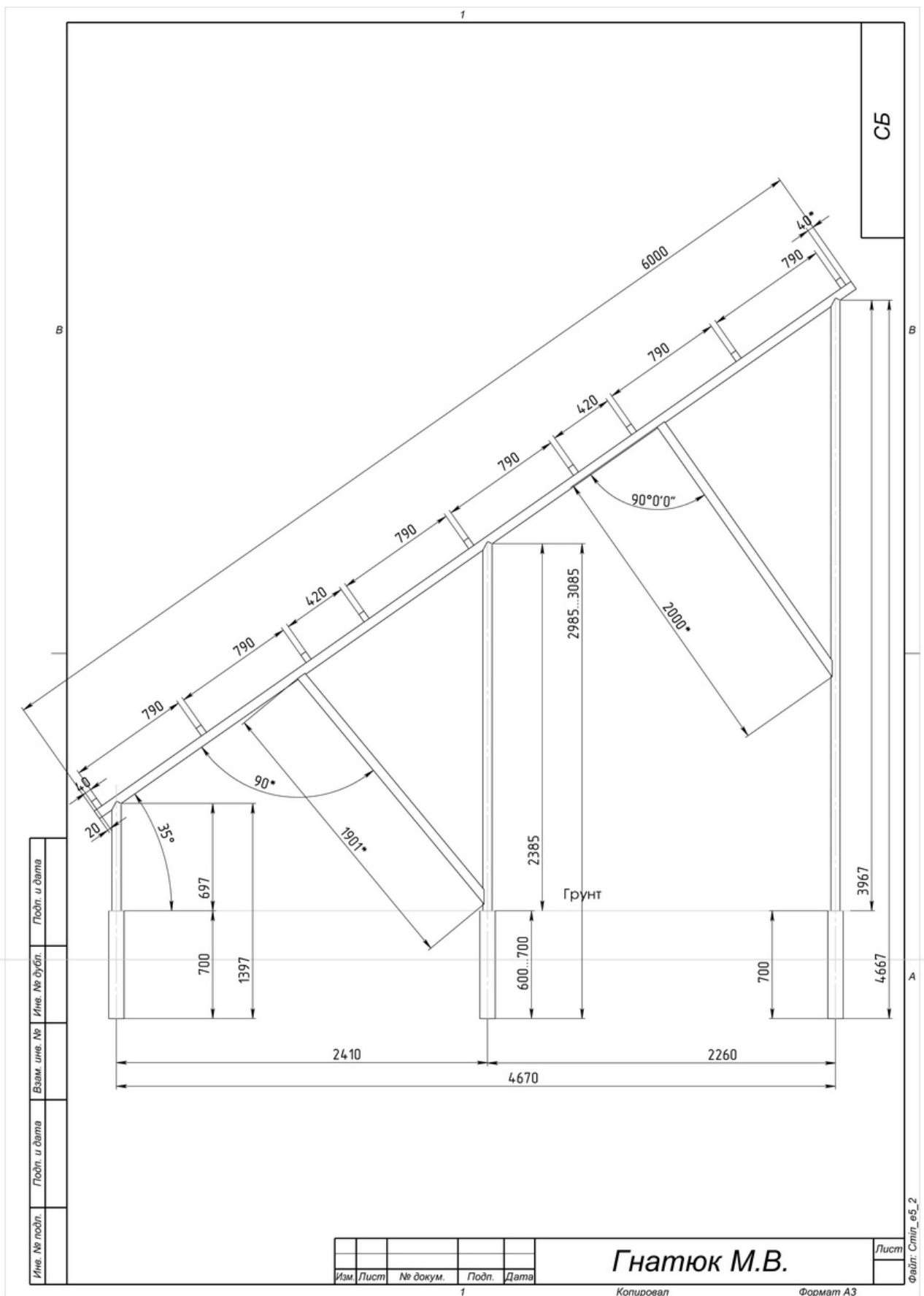
1. Kukharets S.M., Medvedskyi O.V. Problem vacuum system design of mobile milking machine. Engineering sciences: development prospects in countries of Europe at the beginning of the third millennium. Vol. 2. Riga: Izdevnieciba "Baltija Publishing", 2018. pp. 159-179. ISBN 978-9934-571-63-3.
2. Скидан О.В., Голуб Г.А., Кухарець С.М. Ярош О.Д., Чуба В.В., Медведський О.В., Цивенкова Н.М., Соколовський О.Ф., Кухарець В.В. Відновлювана енергетика в аграрному виробництві. За ред. О.В. Скидна і Г.А. Голуба. Київ, НУБіП України. 2018. 338 с.
3. Голуб Г.А., Кухарець С.М. Марус О.А. Біоенергетичні системи в аграрному виробництві. Київ : НУБіП України, 2016. 229 с.
4. Скидан О.В., Голуб Г.А., Кухарець С.М. Ярош О.Д., Чуба В.В., Медведський О.В., Цивенкова Н.М., Соколовський О.Ф., Кухарець В.В. Відновлювана енергетика в аграрному виробництві. За ред. О.В. Скидна і Г.А. Голуба. Київ, НУБіП України. 2018. 338 с.
5. Altoé L, Oliveira FD, Carlo JC (2012). Energy analysis of solar thermal systems for different demands of hot water in a single family dwelling. Ambiente Construído 345 12(3):75-87. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212012000300006>.
6. Jong P, Sánchez AS, Esquerre K, Kalid RA, Torres EA (2013). Solar and wind energy production in relation to the electricity load curve and hydroelectricity in the northeast region of Brazil. Renew. Sustain. Energy Rev. 23:526-535. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.01.050>.
7. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Сонячна\\_енергетика\\_України](https://uk.wikipedia.org/wiki/Сонячна_енергетика_України)
8. <https://solar-tech.com.ua/ua/kak-ustroena-setevaya-solnechnaya-stanciya-2018-11-18.html>

9. Носенко Ю.М. Сучасні сонячні технології / Газета «Агробізнес сьогодні». 2012. № 18.
10. Кудря С.О. Основи конструювання енергоустановок з відновлюваними джерелами енергії / С.О. Кудря, В.М. Головка. – Київ, 2009. – 201 с.
11. Схемы солнечных установок / Журнал «Термометр». 2010. № 6-7, 8.
12. <https://solar-tech.com.ua/ua/kak-ustroena-avtonomnaya-solnechnaya-elektrostanciya-2018-11-11.html>
13. <https://www.prakard.com/viewtopic.php?t=5275150>
14. <https://www.trinasolar.com/en-glb/product/Tianjing72-de17mII>
15. <https://support.huawei.com/enterprise/en/digital-power/sun2000-pid-7551590>
16. Кухарець Савелій, Гнатюк Микола, Шуляк Ольга, Ніколайчук Володимир. Моніторинг стану сонячних панелей за допомогою тепловізора. Біоенергетичні системи: матеріали IV Міжн. наук.-практ. конф., 29 трав. 2020 р. Житомир : Вид.-во ПНУ, 2020. С. 149–150.

# ДОДАТКИ

## Додаток А





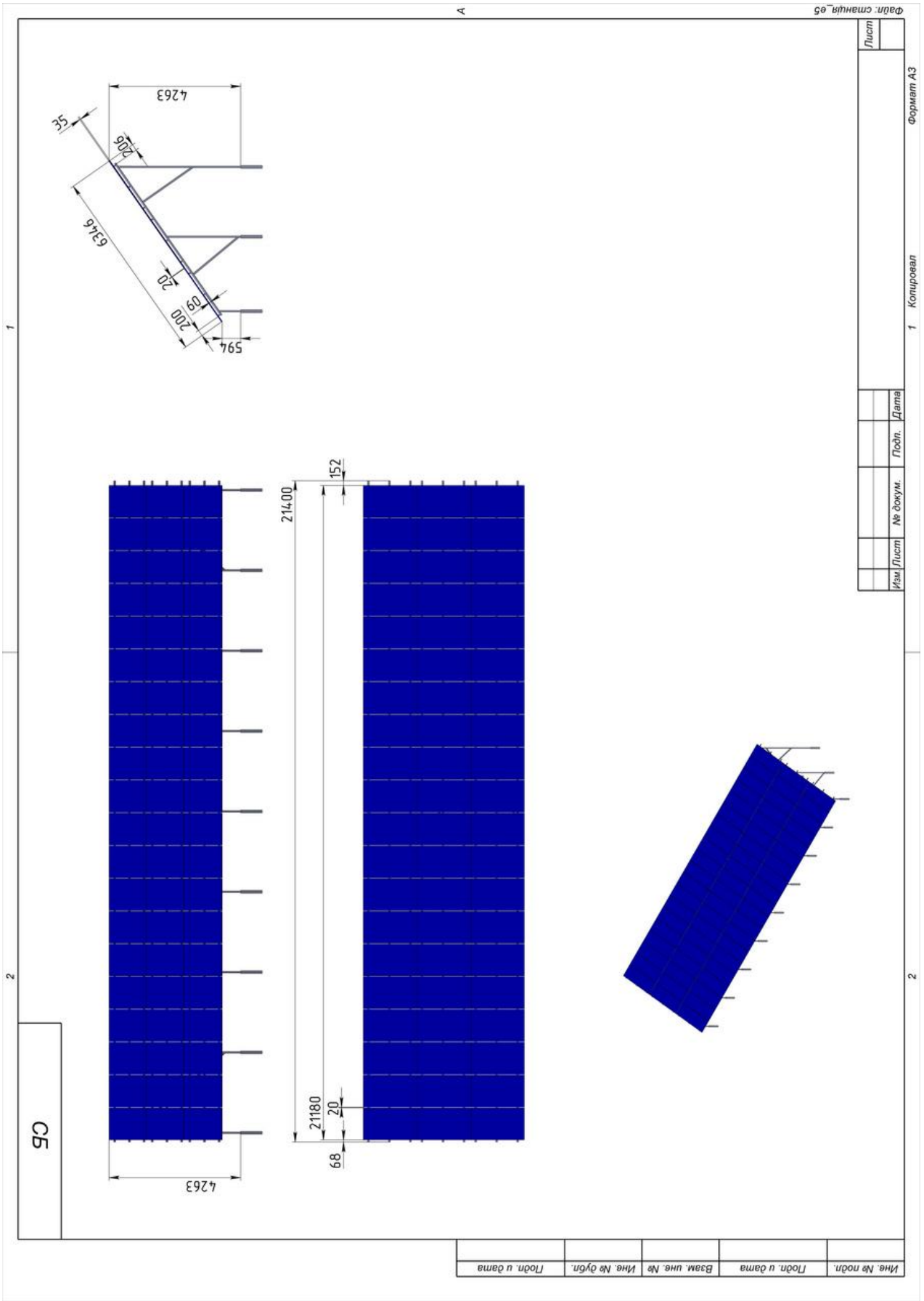
Име. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Име. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

**Гнатюк М.В.**

Лист

Файл: Стил\_еб\_2



Име. № подл.	Годн. и дата	Взам. име. №	Име. № дубл.	Годн. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Лист

Файл: станция\_05