

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Факультет конструювання та дизайну**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

Завідувач кафедри

Технічного сервісу та інженерного менеджменту

імені М. П. Момотенка

\_\_\_\_\_ І.Л. Роговський

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2025 р.

**БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему «Розробка профільної системи для встановлення сонячних  
панелей на даху спортивного корпусу НУБіП України»**

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

**Гарант освітньої програми**

Д.т.н., професор

\_\_\_\_\_

В.М. Булгаков

**Керівник бакалаврської  
кваліфікаційної роботи**

Д.т.н., професор

\_\_\_\_\_

Г.А. Голуб

**Виконав**

Студент групи ГМАШ-2101

\_\_\_\_\_

О.О. Марус

**КИЇВ – 2025**

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

**Факультет конструювання та дизайну**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри технічного сервісу та  
інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка**

**д.т.н., професор \_\_\_\_\_ І.Л. Роговський**

**« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 року**

**З А В Д А Н Н Я**

**на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту**

**Марусю Олександрю Олеговичу**

Спеціальність: 133 «Галузеве машинобудування»

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: Розробка профільної системи для встановлення сонячних панелей на даху спортивного корпусу НУБіП України затверджена наказом ректора НУБіП України від 16.12.2024 №2265 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру: 2025.04.02

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи: Сонячна панель 2041x1096, покрівля спортивного корпусу НУБіП, відомі сонячні системи кріплення для сонячних панелей.

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Виконати аналіз існуючих технологічних процесів виробництва профільних систем для встановлення сонячних панелей в залежності від їх конструктивних параметрів в Україні та Світу;

2. Проаналізувати конструкційні особливості профільних систем для встановлення сонячних панелей, а також проаналізувати конструкційні

особливості профільних систем для встановлення сонячних панелей, а також провести статичні розрахунки профіля в залежності від різних видів навантажень;

3. Провести теоретичні дослідження навантажень та впливу на алюмінієві конструкції для сонячних панелей;

4. Виконати техніко-економічну оцінку ефективності удосконаленої (розробленої) профільної системи для встановлення сонячних панелей.

Перелік графічного матеріалу: креслення загального вигляду, деталювання та 3-D модель профільної системи для встановлення сонячних панелей.

**Дата видачі завдання «01» жовтня 2024 р.**

**Керівник бакалаврської  
кваліфікаційної роботи**

\_\_\_\_\_ **Г.А. Голуб**

**Завдання прийняв до виконання**

\_\_\_\_\_ **О.О. Марус**

## ЗМІСТ

<b>РЕФЕРАТ.....</b>	<b>6</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>7</b>
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ПРОФІЛЬНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ.....</b>	<b>9</b>
<i>1.1. Технологічні особливості виробництва профільних систем для встановлення сонячних панелей .....</i>	<i>9</i>
<i>1.2. Полікристалічна і монокристалічна технології виробництва сонячних панелей.....</i>	<i>13</i>
<b>РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ВІДОМИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРОФІЛЬНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ.....</b>	<b>20</b>
<i>2.1. Визначення конструкційних особливостей профільних систем для встановлення сонячних панелей .....</i>	<i>20</i>
<i>2.2. Аналіз відомих конструкційних систем кріплення сонячних панелей в залежності від різних типів покрівель.....</i>	<i>21</i>
<b>РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ВПЛИВУ НА АЛЮМІНІЄВІ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ.....</b>	<b>33</b>
<i>3.1. Вітрові та статичні навантаження .....</i>	<i>33</i>
<i>3.2. Снігові навантаження.....</i>	<i>36</i>
<b>РОЗДІЛ 4. ОПИС ТА РОЗРАХУНКИ ПАРАМЕТРІВ ПРОФІЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ.....</b>	<b>39</b>
<i>4.1. Обґрунтування вибору удосконалення конструкційних параметрів профільної системи для встановлення сонячних панелей в залежності від різних типів покрівель.....</i>	<i>39</i>

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ЗМІСТ</i>			Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.	Марус О.О.							4	2	
Перевір.	Голуб Г.А.									
Реценз.										
Н. Контр.										
Затверд.					<i>ГМаиш-2101</i>					

4.2. Розрахунки параметрів удосконаленої профільної системи для встановлення сонячних панелей.....40

<b>РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ</b>	
<b>УДОСКОНАЛЕНОЇ ПРОФІЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ</b>	
<b>СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ.....</b>	<b>43</b>
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>53</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>56</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>58</b>

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

## РЕФЕРАТ

До пояснювальної записки входить: 68с, 13 рис., 13 табл., 27 джерел, 9 додатків.

ПАНЕЛІ, ПРОФІЛЬ, СИСТЕМА , АЛЮМІНІЙ, КРОНШТЕЙН.

Предмет дослідження – алюмінієва система кріплення сонячної панелі.

Об'єкт досліджень – алюмінієві профілі та елементи монтажного вузла, які складають профільну систему кріплення фотоелектричних модулів на металевій профільній покрівлі зі збереженням цілісності гідроізоляції.

Мета роботи - підвищити надійність, зручність монтажу та відповідність нормативним навантаженням алюмінієвої системи кріплення сонячної панелі за рахунок розробки профільної системи кріплення фотоелектричних модулів на металевій профільній покрівлі зі збереженням цілісності гідроізоляції.

При виконанні дипломної роботи було розглянуто види кріплень сонячної панелі. Розглянуто види систем. Виконано розрахунок параметрів системи кріплення та його конструктивного виконання. Розроблено гібридну систему південь зі змінним кутом. Проведено розрахунок тривалості виробничого процесу, собівартості одиниці, дохід, прибуток від реалізації.

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Марус О.О.			Літ.	Арк.	Акрушів		
Перевір.		Голуб Г.А.				6	1		
Реценз.					<i>РЕФЕРАТ</i>				
Н. Контр.				<i>ГМаш-2101</i>					
Затверд.									

## ВСТУП

У сучасних умовах стрімкого зростання енергоспоживання та необхідності зменшення викидів парникових газів важливого значення набуває впровадження відновлюваних джерел енергії. Особливо перспективним є використання сонячної енергії, оскільки Україна має достатню сонячну радіацію, а централізовані електромережі не завжди можуть забезпечити потреби окремих об'єктів. Крім того, згідно з державними програмами з енергоефективності та «Зеленою стратегією України», розвиток фотоелектричних систем є одним із основних напрямів зниження залежності від викопних джерел енергії та реалізації цілей «Європейського зеленого курсу».

Спортивний корпус Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП) має значну площу даху, що створює сприятливі умови для розміщення фотоелектричної установки. Однак наявні на ринку системи кріплення сонячних панелей не завжди враховують унікальні конструктивні особливості спортивних покрівель (утяжелений ухил, тип металевого профілю)

Постановка проблеми полягає у тому, що необхідна адаптована профільна система кріплення, здатна забезпечити надійну фіксацію панелей на спортивному корпусі НУБіП без додаткового посилення несучих елементів даху, з урахуванням нормативних навантажень та технологічних вимог. Загальні підходи до монтажу й досліджені рішення більше орієнтовані на рівнинні поверхні або стандартні покрівлі житлових будівель, тоді як

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Марус О.О.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Голуб Г.А.				7	2
Реценз.					<i>ВСТУП</i>		
Н. Контр.							
Затверд.							
					<i>ГМаиш-2101</i>		

спортивні споруди мають власні технічні обмеження: ухил до 15° (щоб забезпечити водовідведення), металеве профільне покриття (відмінна жорсткість, але складніший монтажний процес) та необхідність зберегти цілісність покрівельного покриття під навантаженням персоналу.

Також варто враховувати динамічні та статичні навантаження, які створюються вітровими потоками внаслідок великої поверхні даху, а також можливі снігові накопичення взимку. Ці чинники вимагають особливої уваги до вибору типу опор, способу їх кріплення та матеріалів, з яких виготовлена система. Більшість імпорتنих або універсальних рішень не адаптовані до таких умов, і потребують або додаткових елементів, або змін в конструкції даху, що збільшує витрати.

Таким чином, актуальною стає задача розробки або підбору інноваційної профільної системи, яка забезпечуватиме не лише ефективне і безпечне кріплення сонячних панелей до нестандартної металевої покрівлі спортивного корпусу, а й відповідатиме економічним та технологічним критеріям — легкість у монтажі, мінімальні втручання в покрівлю, довговічність, відповідність українським та європейським нормам.

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						8
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

# РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ПРОФІЛЬНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

## 1.1. Технологічні особливості виробництва профільних систем для встановлення сонячних панелей

Алюмінієва система кріплення – це інноваційний спосіб закріплення конструкцій на фасаді будинку. Вона виготовлена з якісного алюмінію, що забезпечує їй довговічність та міцність. Така система кріплення може використовуватися для закріплення різних видів конструкцій на будівлях: вікон, дверей, фасадних панелей та інших елементів [1].

Основними технологічними процесами виготовлення алюмінієвого профілю є:

1. Здійснюється проектування профілю із застосуванням САД-систем, які дозволяють симулювати навантаження та оптимізувати конструкцію в разі потреби і після цього відправляється технічне завдання на завод екструдуювання профілю.
2. Підготовчі роботи із сировиною.

Даний етап виробництва передбачає прийом, перевірку і зберігання циліндричних заготовок, після чого відбувається очистка і нагрів, а потім вже і порізка сировини на заготовки.

### 1. Прийом і перевірка сировини.

Для переробки в готову продукцію використовується виключно первинна сировина у вигляді циліндричних стовпів (сплавів 6060, 6063), які постачаються партнерами після процесу гомогенізації. Заготовки проходять контроль на якість і відповідають стандартам ЄС EN 573-3.

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Марус О.О.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Голуб Г.А.				9	11
Реценз.					<i>РОЗДІЛ 1</i>		
Н. Контр.							
Затверд.							
					<i>ГМаиш-2101</i>		

## 2. Очистка й нагрів сировини.

На першочерговому етапі обробки відбувається очистка водою під високим тиском на миючій установці, далі, по мірі подачі заготовки в піч розігріву, відбувається поступове розігрівання до температури необхідної для екструзії профілю (420..480°C).

## 3. Різка циліндричних стовпів.

На виході з печі розігріву злитків установлений ніж гільотинного типу, який виконує розріз заданої лазерним вимірювачем довжини, після чого заготовка переміщується від ножа гарячого різку до загрузочної секції екструзійного преса.

Основні етапи виробництва профілю показано на рис 1.1.

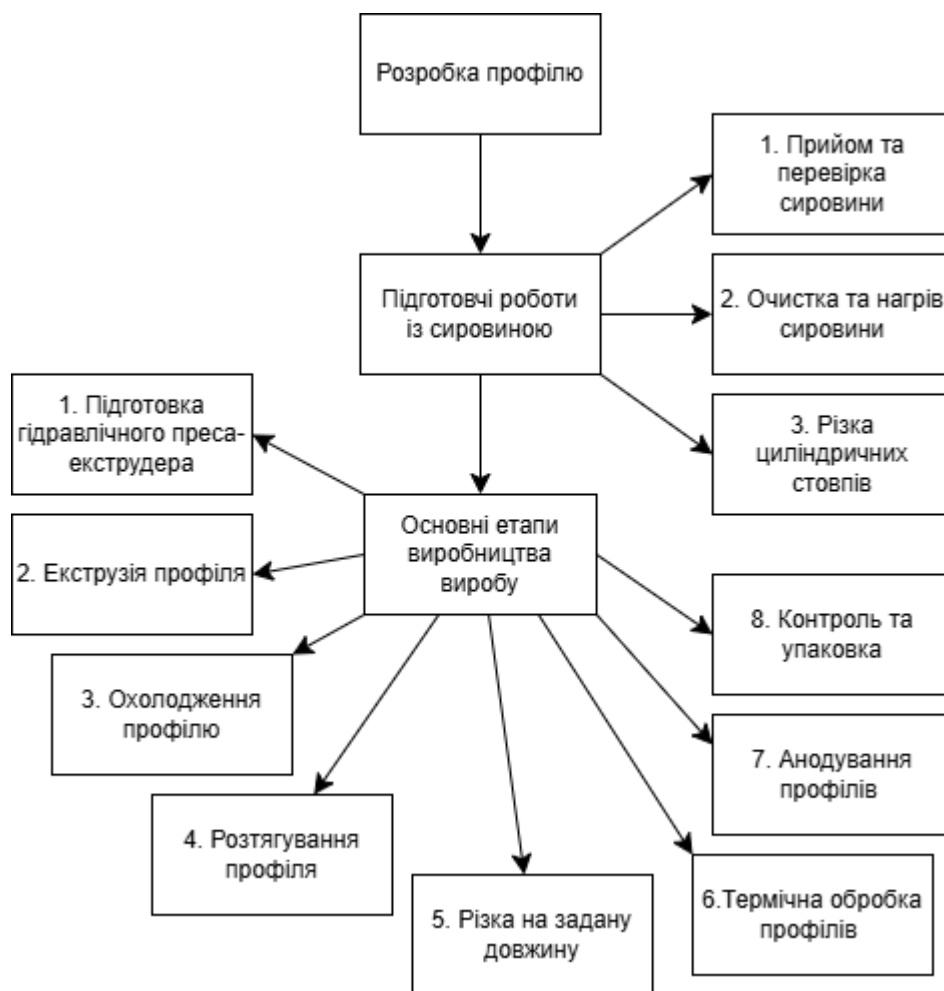


Рис 1.1. Основні етапи виробництва профілю

					АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Пресування – це основний етап виробництва, який передбачає: підготовку гідравлічного преса-екструдера, екструзія профілю, охолодження, розтягування профілю й різ профілю на задану довжину.

### 1. Підготовка гідравлічного преса-екструдера

Перед початком процесу екструзії матриця нагрівається до високої температури, потім виставляються параметри екструзії преса, за допомогою яких досягається висока якість поверхні і гарантуються механічні властивості профілю [2].

### 2. Екструзія профілю

Заготовка потрібного розміру автоматично подається в контейнер преса, внаслідок тиску прес-штемпеля на заготовку, канали матриці заповнюються металом, після чого утворюється профіль з поперечним січенням за даними конфігурацією замовника. Станок для екструдювання профіля показаний на рис 1.2.



Рис. 1.2. Станок для екструдювання профіля

### 3. Охолодження профілю

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Профіль який виходить з преса відразу інтенсивно охолоджується до температури навколишнього середовища. Станок для охолодження показаний на рис 1.3.



Рис 1.3. Станок для охолодження

#### 4. Розтягування профілю

Після охолодження, здійснюється розтягування профілю. Цей процес вирівнює скрученість і надає виробам прямолінійність.

#### 5. Різка на задану довжину

Після того як профіль пройшов основні етапи виробництва, він подається на стіл для різки відповідно до вимог замовника, точність різки гарантується пристроєм регулюемого упору профіля.

#### 6. Термічна обробка профілів

Порізані на заданий розмір профілі поміщаються в піч для термообробки процесом "старіння", яке проходить при температурі 150...195°C для досягнення заданих механічних властивостей [2].

#### 7. Анодування профілів

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Покриття представляє собою пористий, прозорий шар оксиду алюмінію. Товщина анодного покриття залежить від тривалості процесу анодування і може варіюватися від 6 до 21 мкм, в залежності від умов експлуатації виробу[3].

#### 8. Контроль та упаковка

Після процесу старіння корзини з профілями переміщуються на участок упаковки, де проводиться вихідний ретельний контроль якості, потім профіль пакують для відправки замовнику.

Екструзійне виробництво одне з найпрогресивніших технологій у виробництві алюмінієвих профілів. Пресовані профілі з алюмінієвих сплавів є універсальним конструкційним матеріалом з унікальними властивостями.

### **1.2. Полікристалічна і монокристалічна технології виробництва сонячних панелей**

Полікристалічні сонячні панелі - це пристрої для перетворення сонячного світла в електричну енергію, виготовлені з кількох кремнієвих кристалів. Їхній характерний синій колір із текстурованою поверхнею допомагає відрізнити їх від монокристалічних аналогів[4]. Полікристалічна панель зображена на рис 1.4.

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		13



Рис 1.4. Полікристалічна панель

Технологія виробництва:

Перший крок: Екстракція та рафінування кремнезему

Для будівництва сонячних панелей багатий кремнеземом пісок необхідно видобувати з природних родовищ, таких як піщані шахти або кар'єри, де пісок часто складається з кварцу, форми кристалічного кремнезему [5].

Пісок промивають для видалення домішок, таких як глина, органічні речовини та інші мінерали. Потім його очищають хімічними методами обробки. Одним із поширених методів є кислотне вилуговування, коли пісок змішують із розчином кислоти, наприклад, сірчаною кислотою, для розчинення домішок і відділення кремнезему.

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		14

Після цього кремнезем нагрівають при високих температурах, як правило, в печі, щоб видалити будь-який залишковий органічний матеріал і перетворити його на кремнезем високої чистоти.

#### Другий крок: Виробництво полікремнію

Кремнезем високої чистоти є ключовим для виробництва полікремнію, також відомого як полікристалічний кремній. Ця форма кремнію високої чистоти використовується як сировина для сонячних елементів.

Для його отримання очищений кварцовий пісок змішують з багатими вуглецем матеріалами, такими як вугілля або нафтовий кокс. Після цього суміш піддається впливу струменя газоподібного хлору при високих температурах, утворюючи трихлорсилан ( $\text{SiHCl}_3$ ). Цей процес називається хлоруванням[5].

Трихлорсилан, що є результатом хлорування, піддається подальшій обробці за допомогою методів дистиляції та очищення. У процесі дистиляції трихлорсилан нагрівається, щоб розділитися на його компоненти. Очищений трихлорсилан перетворюється назад в кремній дуже високої чистоти шляхом реакції з газоподібним воднем ( $\text{H}_2$ ). Результатом цього процесу є полікремній.

Виробництво полікремнію вимагає суворих заходів забезпечення якості для забезпечення високого рівня чистоти, необхідного для досягнення оптимальної продуктивності сонячних елементів.

#### Третій крок: Кремнієві злитки і виробництво вафель

Полікремній розплавляється в тиглі або печі в контрольованих умовах. Розплавлений полікремній ретельно витримують при високих температурах, щоб забезпечити однорідність і консистенцію [5].

Потім розплавлений полікремній твердне за допомогою процесу росту кристалів, відомого як метод Чохральського (CZ). Кристал насіння, зазвичай виготовлений з монокристала кремнію високої чистоти, занурюється в розплавлений полікремній і повільно витягується під час обертання. Коли кристал насіння піднімається, він утворює циліндричну форму і втягує розплавлений полікремній. Цю рідку масу охолоджують в процесі

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

спрямованого затвердіння до утворення крупнозернистого багатокристалічно-кремнієвого злитка. Іноді використовується менш поширений процес, який передбачає використання газоподібних сполук кремнію для нанесення тонкого шару атомів кремнію на кристалічний шаблон у формі пластини.

Потім кремнієві злитки механічно нарізають на тонкі круглі пластини за допомогою методів точного пиляння. Ці пластини зазвичай мають товщину близько 200-300 мікрметрів і діаметр 150-200 міліметрів. Пластини більшого розміру – діаметром 300 міліметрів і більше – ще ефективніші[5].

Нарізані вафлі повинні пройти кілька процесів обробки поверхні, щоб усунути будь-які забруднення, шорсткості або дефекти. Це включає хімічне травлення для видалення механічних пошкоджень поверхні пластини, полірування абразивом з оксиду алюмінію в притирочній машині для покращення паралельності поверхні та очищення для забезпечення гладкості, чистоти та оптимізації поверхні пластини для подальшої обробки.

Очищені та перевірені пластини потім легують спеціальними матеріалами, такими як фосфор або бор, щоб створити різні області з різними електричними властивостями.

Після легування пластини проходять процес пасивації для підвищення їх ефективності та зменшення рекомбінації поверхні. Пасивація передбачає нанесення тонкого шару ізоляційного матеріалу, такого як нітрид кремнію або діоксид кремнію, на поверхню пластини, щоб мінімізувати рекомбінацію електронів і дірок, таким чином підвищуючи загальну продуктивність сонячних елементів [5].

Пластини, вироблені з кремнієвих злитків, служать будівельними блоками для окремих сонячних елементів. Ці пластини проходять подальшу виготовлення, включаючи нанесення контактів, антивідблискових покриттів та інших необхідних шарів, інкапсуляцію скляними та полімерними капсуляторами, а також ламінацію для перетворення їх на повністю функціональні сонячні елементи.

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Готова панель має каркас, ущільнювач для країв, розподільну коробку. Також прокладаються електричні кабелі, які проводять струм від однієї панелі до іншої.

Ці взаємопов'язані, інкапсульовані та зібрані сонячні елементи утворюють повноцінні сонячні модулі або панелі, які потім встановлюються в будинках та інших будівлях [5].

Монокристалічні сонячні панелі це різновид сонячних фотоелектричних панелей, виготовлених із кристалів кремнію високої чистоти. Кожна комірка в панелі створена з одного кристала кремнію, звідси й назва «монокристалічний». Ці панелі відомі своєю високою ефективністю в перетворенні сонячного світла в електрику завдяки однорідності кристалічної структури кремнію, що дозволяє електронам проходити вільніше. Вигляд монокристалічної панелі зображено на рис. 1.5.



Рис. 1.5 Монокристалічної панель

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		17

Технологія виробництва:

### 1. Очищення кремнію

Першим кроком у виробництві монокристалічних кремнієвих сонячних панелей є очищення кремнію, що передбачає видалення домішок із сировини. Цей процес зазвичай виконується за методом Чохральського. У цьому методі чистий кремній розплавляють у тиглі, а затравковий кристал опускають у розплавлений кремній. Коли затравковий кристал повільно витягується, він починає твердіти, утворюючи циліндричний кристал чистого кремнію[6].

### 2. Зростання кристалів

Після очищення кремнію починається процес росту кристалів. На цьому етапі кремній розплавляється, а потім повільно охолоджується і твердне в єдиний кристал. Цей процес виконується шляхом розміщення очищеного кремнію у високотемпературній печі та повільного його охолодження для затвердіння кристала.

### 3. Формування зливка кремнію

Після того, як кристал затвердів, його виймають з печі, а злиток нарізають на потрібний розмір. Потім злиток очищають і полірують, створюючи гладку і однорідну поверхню.

### 4. Вафельна нарізка

Наступним кроком є нарізка зливка на пластини, що визначає форму та розмір кінцевої сонячної панелі. Цей процес зазвичай виконується за допомогою алмазної пилки, яка розрізає злиток на тонкі скибочки, відомі як пластини[6].

### 5. Обробка поверхні

Потім вафлі обробляють для видалення домішок і дефектів. Першим кроком є процес кислотного текстурування, який створює невеликі ямочки на поверхні пластини для підвищення ефективності поглинання сонячного світла. Потім пластину миють, а її поверхню обробляють антибліковим покриттям, щоб зменшити відображення та збільшити світлопоглинання.

### 6. Формування електричного контакту

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Після завершення обробки поверхні передня та задня сторони пластини покриваються металом для формування електричних контактів. Лицьова сторона покрита шаром срібла, а тильна сторона покрита алюмінієвим сплавом. Потім шар срібла покривається шаром нітриду кремнію, який діє як бар'єр проти корозії та окислення.

### 7. Взаємозв'язок клітин

Після формування електричних контактів комірки з'єднуються між собою, щоб утворити модуль. Осередки з'єднані між собою припаюванням смуг металу до контактів на кожному осередку [6]. Узагальнена технологія виробництва зображена на рис 1.6.

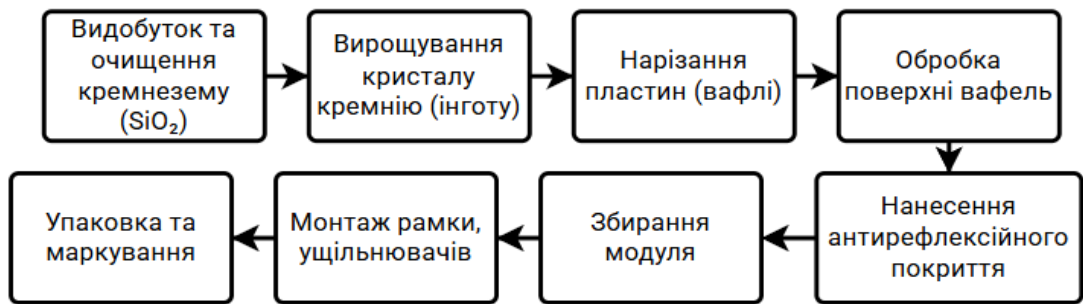


Рис 1.6. Узагальнена технологія виробництва

## РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ВІДОМИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРОФІЛЬНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

### 2.1. Визначення конструкційних особливостей профільних систем для встановлення сонячних панелей

Монтаж сонячних панелей є невід'ємною частиною будь-якої фотоелектричної установки. Ефективність і довговічність такої системи значною мірою залежить не лише від якості самих панелей, а й від надійності, адаптивності та довговічності профільних монтажних систем, які їх підтримують [7].

Ці системи виконують функцію кріплення панелей до поверхонь різного типу, витримуючи вплив механічного навантаження, погодних умов та забезпечуючи оптимальний кут нахилу для максимального захоплення сонячного випромінювання [8].

Основні функції профільних систем для кріплення фотомодулів:

#### 1. Механічна підтримка

Профільна система забезпечує надійну опору для фотомодулів, утримуючи їх у фіксованому положенні на тривалий час, незважаючи на вплив зовнішніх факторів (вітер, сніг, дощ тощо) [9].

#### 2. Забезпечення правильного нахилу і орієнтації

Профільна система дозволяє розміщувати фотомодулі під оптимальним кутом до сонця, що максимально підвищує їх ефективність [10].

#### 3. Універсальність монтажу

Системи призначені для встановлення на різні типи поверхонь: дахи, фасади, землю [11].

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Марус О.О.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Голуб Г.А.				20	13
Реценз.					<i>ГМаиш-2101</i>		
Н. Контр.							
Затверд.							
					<i>РОЗДІЛ 2</i>		

#### 4. Безпека та довговічність

Використання антикорозійних матеріалів (алюміній, оцинкована або нержавіюча сталь) забезпечує стійкість до зовнішніх впливів [12].

#### 5. Модульність і масштабованість

Конструкції легко адаптуються до змін — додаються нові модулі або змінюється конфігурація [13].

#### 6. Простота монтажу

Сучасні системи розроблені для швидкого встановлення з мінімальними витратами часу та ресурсів [14].

### 2.2. Аналіз відомих конструкційних систем кріплення сонячних панелей в залежності від різних типів покрівель

#### 1. Системи кріплення для плоских дахів

##### 1. Kripter – KR-FLAT-Aero

Система KR-FLAT-Aero призначена для дахів з низьким нахилом і плоских покрівель, що покриті мембранами або гідроізоляційними шарами. Відмінною особливістю є використання баласту — бетонних плит, каменів чи спеціальних блоків, які забезпечують стійкість конструкції без порушення цілісності покриття.

Профілі системи виготовлені з високоякісного алюмінію з анодованим покриттям, що гарантує довговічність, корозійну стійкість і мінімальну вагу. Конструкція передбачає можливість регулювання кута нахилу фотомодулів від 5 до 15°, що дозволяє оптимізувати сонячний збір в залежності від географічного положення.

Монтаж системи простий і не вимагає складних інструментів, що значно знижує час установки та вартість робіт. Система сертифікована згідно з європейськими нормами EN 1991 для вітрових і снігових навантажень.

Переваги:

Збереження цілісності покрівельного покриття;

Висока корозійна стійкість;

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Гнучкість у регулюванні кута нахилу;

Можливість застосування на дахах із мембраною.

Недоліки:

Необхідність наявності додаткової ваги (баласту);

Обмежене застосування на дахах зі значним нахилом[15].

## 2. Rudnik – RDN-FLAT-B

Система RDN-FLAT-B — це легка баластна конструкція, розроблена спеціально для плоских дахів із гідроізоляційними покриттями. Профілі виготовлені з анодованого алюмінію, що забезпечує високу міцність і тривалий термін експлуатації.

Ключова особливість — відсутність необхідності свердлити покрівлю, що дозволяє уникнути пошкодження гідроізоляції. Панелі встановлюються під кутом 10–15°, що є оптимальним для регіонів України. Система легко адаптується до різних розмірів і конфігурацій дахів, може комбінуватися з іншими елементами для підвищення стабільності.

Монтаж здійснюється із застосуванням гумових прокладок і ущільнювачів, що запобігають проникненню вологи. Конструкція сертифікована згідно з українськими та європейськими стандартами якості.

Переваги:

Швидкий та простий монтаж;

Збереження покрівельного покриття;

Висока адаптивність і модульність;

Оптимальний кут нахилу для ефективності.

Недоліки:

Потрібен баласт;

Можлива необхідність додаткового кріплення при сильних вітрах[**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

## 3. Solarsk – ST-FlatMax

ST-FlatMax поєднує у собі баластне та механічне кріплення, що підвищує стабільність системи, особливо в регіонах з сильними вітрами.

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Основні елементи виготовлені з оцинкованої сталі та анодованого алюмінію, що забезпечує надійний захист від корозії і УФ-випромінювання.

Конструкція має низький профіль, що зменшує опір вітру і покращує естетику даху. Кут нахилу панелей регулюється від 10 до 20°, що дає змогу адаптувати систему під місцеві кліматичні умови.

Монтаж передбачає використання баласту і додаткового кріплення через покрівельний матеріал, що робить систему універсальною для різних типів плоских дахів.

Переваги:

Висока стійкість до вітрових навантажень;

Захист від корозії;

Регульований кут нахилу;

Універсальність застосування.

Недоліки:

Складність монтажу в порівнянні з повністю баластними системами;

Вартість через комбіновані матеріали[17].

Короткий опис систем кріплення для плоских дахів показано в Таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Короткий опис систем кріплення для плоских дахів

Виробник	Модель системи	Тип кріплення	Матеріали	Кут нахилу	Спосіб фіксації	Особливості
Kripter	KR-FLAT-Aero	Баластне	Алюміній	Регульований	Баластні блоки	Не потребує свердління, захист гідроізоляції
Rudnik	RDN-FLAT-B	Баластне	Алюміній	10–15°	Власна вага	Можливість розширення системи
Solarsk	ST-FlatMax	Комбіноване	Алюміній, оцинкована сталь	10–20°	Баласт + анкерування	Посилена фіксація для вітряних регіонів

Таблиця 2.1.

## 2. Системи кріплення для шиферних дахів

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

## 1. Kripter – KR-SlateMount

Система KR-SlateMount розроблена спеціально для монтажу сонячних панелей на шиферних дахах. Основою конструкції є анкерні кронштейни, які кріпляться безпосередньо до дерев'яної обрешітки під шифером. Це дозволяє уникнути пошкоджень покрівельного матеріалу і забезпечує міцність та надійність монтажу.

Ущільнювальні елементи та спеціальні шайби захищають місця кріплення від проникнення вологи, що дуже важливо для запобігання корозії та утворення протікань. Конструкція розрахована на значні снігові і вітрові навантаження, що робить її придатною для кліматичних умов України.

Монтаж досить простий і не потребує спеціального інструменту, що скорочує час установки і витрати.

Переваги:

Мінімальне втручання у покрівельне покриття;

Надійна фіксація на обрешітці;

Водонепроникність кріплень;

Витримує великі навантаження.

Недоліки:

Не підходить для покрівель без дерев'яної обрешітки;

Вимагає точності при монтажі.

## 2. Rudnik – RDN-SLATE

Система RDN-SLATE являє собою легку конструкцію з алюмінієвих профілів та армованих клямр, що підходить для хвилястого та плоского шиферу. Комплект включає ущільнювачі, які запобігають проникненню води і утворенню конденсату.

Монтаж відбувається з мінімальним порушенням покриття, що знижує ризик пошкоджень і продовжує термін служби даху. Завдяки універсальним кріпленням система підходить для більшості видів шиферних покрівель.

Оптимальна для приватних будинків і комерційних об'єктів середньої площі.

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переваги:

Легкість і універсальність монтажу;

Надійний захист від вологи;

Довговічність матеріалів;

Оптимальна ціна.

Недоліки:

Обмеження по типу шиферу;

Можлива потреба у додаткових ущільнювачах при монтажі.

### 3. Altek – ALT-SlateLine

Бюджетне рішення, яке включає анкерні болти з гумовими ущільнювачами, оцинкований профіль і силіконовий герметик. Ця система популярна завдяки простоті монтажу і доступності матеріалів.

Гумові ущільнювачі забезпечують надійну гідроізоляцію, а оцинковані елементи протистоять корозії. ALT-SlateLine підходить для дахів із хвилястим шифером, де неможливе складне кріплення.

Монтаж можна виконати самостійно, що робить систему популярною серед приватних власників будинків.

Переваги:

Низька вартість;

Простота установки;

Надійний захист від вологи;

Відповідність базовим стандартам якості.

Недоліки:

Обмежена міцність у порівнянні з більш професійними системами;

Підходить тільки для невеликих навантажень [18].

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Короткий опис системи кріплення для шиферних дахів показано в Таблиці 2.2.

Таблиця 2.2.

Короткий опис системи кріплення для шиферних дахів

Виробник	Модель системи	Тип кріплення	Матеріали	Кут нахилу	Спосіб фіксації	Особливості
Kripter	KR-SlateMount	Механічне	Алюміній, сталь	До 30°	До обрешітки	Анкерні кріплення з ущільненнями
Rudnik	RDN-SLATE	Механічне	Алюміній	10–30°	Армовані клямри	Підходить до хвилястого і плоского шиферу
Altek	ALT-SlateLine	Механічне	Оцинк. сталь, гумові ущільнювачі	Фіксовані	Анкерування	Бюджетне рішення, простий монтаж

### 3. Системи кріплення для металочерепиці

#### 1 Kripter – KR-MetalPro

Система KR-MetalPro розроблена для монтажу сонячних панелей на металочерепиці з хвилеподібним профілем. Включає спеціальні кронштейни, що кріпляться до несучої обрешітки через металочерепицю, з ущільнювачами для герметизації отворів.

Матеріали — анодований алюміній та нержавіюча сталь, що забезпечує довговічність і корозійну стійкість. Конструкція дозволяє регулювати нахил панелей, підвищуючи ефективність збору енергії.

Монтаж здійснюється без порушення структури покрівлі, що гарантує збереження її водонепроникності.

Переваги:

Надійне кріплення;

Збереження цілісності металочерепиці;

Легка і стійка конструкція;

Регулювання кута нахилу.

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Недоліки:

Потрібна наявність дерев'яної обрешітки;

Складність монтажу для початківців.

## 2. Rudnik – RDN-MetalFix

Система RDN-MetalFix — легка алюмінієва конструкція з ущільнювачами, що забезпечують герметичність отворів. Відмінна для дахів з хвилястою і плоскою металочерепицею.

Монтаж здійснюється за допомогою спеціальних кріплень, що мінімізують порушення покриття і захищають від корозії. Система дозволяє змінювати кут нахилу панелей для максимального збору сонячної енергії.

Підходить для приватних і комерційних будівель, де важлива швидкість монтажу.

Переваги:

Швидкий монтаж;

Надійна герметизація;

Легка вага;

Відповідність кліматичним вимогам.

Недоліки:

Потреба у точному вимірюванні;

Не підходить для дуже крутих дахів.

## 3. Solarsk – ST-MetalLine

ST-MetalLine поєднує в собі легкість алюмінію та міцність оцинкованої сталі. Система спеціально розроблена для металочерепиці з хвилястим профілем і має герметичні ущільнювачі для захисту отворів.

Конструкція забезпечує надійне кріплення і можливість регулювання кута нахилу до 30°. Можливе комбінування з іншими системами для підвищення стійкості.

Система рекомендована для монтажу на дахах з кутом нахилу від 15° до 45°, забезпечуючи оптимальний збір енергії.

Переваги:

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Висока міцність;

Регулювання кута нахилу;

Герметичність кріплень;

Підходить для широкого діапазону дахів.

Недоліки:

Вища вартість;

Більш складний монтаж.

Короткий опис систем кріплення для металочерепиці показано в Таблиці 2.3.

Таблиця 2.3.

#### Короткий опис систем кріплення для металочерепиці

Виробник	Модель системи	Тип кріплення	Матеріали	Кут нахилу	Спосіб фіксації	Особливості
Kripter	KR-MetalRoof	Механічне	Алюміній, нерж. сталь	10–30°	Кріплення до лат або стропил	Універсальні кріплення, захист від корозії
Rudnik	RDN-MTL-A	Механічне	Алюмінієві профілі	10–25°	Через латки	Спеціальні ущільнення, простий монтаж
Solarsk	ST-MetalFix	Механічне	Алюміній, оцинкована сталь	15–30°	Саморізи з ущільнювачами	Підвищена міцність і адаптивність

#### 4. Системи кріплення для фальцевих дахів

##### 1. Kripter – KR-FalzGrip

Система KR-FalzGrip призначена для монтажу фотомодулів на дахах з фальцевим покриттям — це металеві дахи з вертикальними стоячими швами (фальцами). Основна перевага — монтаж без свердління, адже кріплення фіксуються за фальц за допомогою спеціальних затискачів.

Конструкція виготовлена з анодованого алюмінію та нержавіючої сталі, що гарантує високу корозійну стійкість. Завдяки фіксації за фальц, зберігається цілісність гідроізоляційного шару даху.

Переваги:

									Арк.
									28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ				

Безсвердлове кріплення (не пошкоджує дах);  
Легкий та швидкий монтаж;  
Надійна фіксація при вітрових навантаженнях;  
Висока довговічність.

Недоліки:

Підходить тільки до стоячого фальцу певних типів;  
Обмеження по ширині фальцу.

## 2. Rudnik – RDN-FalzLine

Система RDN-FalzLine — це універсальний комплект для фальцевих дахів з алюмінієвих профілів та сталевих затискачів, які кріпляться безпосередньо до стоячих фальців. Всі елементи виготовлені з антикорозійних матеріалів, що робить систему довговічною навіть у складних кліматичних умовах.

Підходить для будь-яких фальцевих дахів, незалежно від кута нахилу. Монтаж не вимагає порушення покрівельного шару, що робить систему безпечною для даху.

Переваги:

Простота та надійність;  
Відсутність потреби у свердлінні;  
Сумісність з більшістю типів фальців;  
Низька вага системи.

Недоліки:

Обмеження по висоті фальца (потрібно перевіряти сумісність);  
Потрібна точність при установці.

## 3. Solarsk – ST-FalzFix

Система ST-FalzFix поєднує в собі універсальні затискачі для фальцевих дахів та легкі монтажні рейки. Вона дозволяє встановлювати панелі горизонтально або вертикально, в залежності від проєкту. Не вимагає додаткових отворів — кріплення відбувається безпосередньо до фальців.

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Конструкція передбачає високу адаптивність до різних фальцевих профілів. Проста в установці, може монтуватися без спеціалізованого інструменту.

Переваги:

Швидкий монтаж;

Не пошкоджує покрівлю;

Можливість горизонтального або вертикального розташування панелей;

Підвищена вітростійкість.

Недоліки:

Вища вартість у порівнянні з системами для простих дахів;

Потрібна перевірка на відповідність формі фальца.

Короткий опис систем кріплення для фальцевих дахів показано в Таблиці 2.4.

*Таблиця 2.4.*

Короткий опис систем кріплення для фальцевих дахів

Виробник	Модель системи	Тип кріплення	Матеріали	Кут нахилу	Спосіб фіксації	Особливості
Kripter	KR-FalzGrip	Безсвердлове	Алюміній, нерж. сталь	Залежить від даху	Затискачі на фальц	Зберігає покрівлю, не порушує герметичність
Rudnik	RDN-FalzLine	Безсвердлове	Алюміній, сталь	Будь-який	Кріплення за фальц	Підходить до більшості фальців
Solarsk	ST-FalzFix	Безсвердлове	Алюміній, оцинкована сталь	Регульований	Універсальні затискачі	Горизонтальне і вертикальне розміщення

5. Системи кріплення для наземних станцій

1 Kripter – KR-GroundHeavy

Система KR-GroundHeavy призначена для монтажу великих наземних сонячних електростанцій (СЕС). Це модульна система, яка монтується на палях або бетонних фундаментах. Основні елементи конструкції виготовлені

з оцинкованої сталі гарячого цинкування, що забезпечує високу міцність і довговічність.

Система дозволяє встановлювати фотомодулі під оптимальним кутом (25–35°), що збільшує ефективність генерації. Придатна для промислових СЕС потужністю від 30 кВт до декількох мегават.

Переваги:

Стійкість до значних вітрових та снігових навантажень;

Довговічність (термін служби — 25+ років);

Індивідуальний проєкт під будь-який ґрунт та регіон;

Можливість вертикального або горизонтального встановлення панелей.

Недоліки:

Потребує професійного монтажу;

Висока вартість фундаментів.

2 Rudnik – RDN-Ground-XL

Система RDN-Ground-XL від Rudnik — це універсальна конструкція для малої та середньої сонячної генерації на землі. Виготовляється з оцинкованого профілю Z-типу, який забезпечує легкість конструкції та стійкість до навантажень.

Кріплення можуть бути реалізовані на гвинтових палях, бетонних анкерах або навіть просто на бетонних блоках. Система дозволяє налаштовувати кут нахилу панелей і варіанти орієнтації (1 або 2 ряди в ряд).

Переваги:

Швидкий монтаж і модульна конструкція;

Підходить для нерівної місцевості;

Доступна ціна при високій якості.

Недоліки:

Обмеження по площі (не для надвеликих об'єктів);

Необхідна перевірка типу ґрунтів.

3 Solarsk – ST-GroundPro

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

ST-GroundPro — інженерне рішення від Solarsk для приватних та комерційних СЕС. Особливістю системи є регульовані стійки, які дозволяють адаптувати нахил панелей залежно від сезону — це забезпечує оптимізацію генерації протягом року.

Конструкція виконана з оцинкованої сталі та алюмінієвих профілів, легко адаптується під 2 або більше рядів панелей в ширину.

Переваги:

Регульований кут нахилу панелей (зима/літо);

Можливість розміщення до 8 панелей на одному модулі;

Швидкий монтаж та обслуговування.

Недоліки:

Вища вартість через регульовані вузли;

Потребує чіткої геодезії ділянки.

Короткий опис систем кріплення для наземних станцій показано в Таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Короткий опис систем кріплення для наземних станцій

Виробник	Модель системи	Тип кріплення	Матеріали	Кут нахилу	Спосіб фіксації	Особливості
Kripter	KR-GroundHeavy	Механічне (на палях)	Оцинк. сталь гарячого цинкування	25–35°	На палях або бетонних фундаментах	Масштабове рішення, для промислових СЕС
Rudnik	RDN-Ground-XL	Механічне	Оцинковані профілі	Регульований	Гвинтові палі, бетон, блоки	Підходить для приватних та малих комерційних об'єктів
Solarsk	ST-GroundPro	Регульоване	Алюміній, оцинкована сталь	15–40°	Болтове або палеве	Регульований кут нахилу (зима/літо), високий ККД

## РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ПРОФІЛЬНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

### 3.1. Вітрові та статичні навантаження.

Рівномірно розподілене вітрове навантаження  $W$  (кгс/м<sup>2</sup>) розраховується за формулою:

$$W = W_e * B_{cp}$$

$W_e$  – граничне розрахункове значення вітрового навантаження;

$B_{cp}$  – ширина вантажної площі.

Граничне розрахункове значення вітрового навантаження  $W_e$  розраховується за формулою [19]:

$$W_e = \gamma_{fm} * W_0 * C$$

$\gamma_{fm}$  – коефіцієнт надійності за граничним розрахунковим значенням вітрового навантаження.

$W_0$  – Характеристичне значення вітрового тиску  $W_0$  визначається залежно від вітрового району по карті рис. 3.2.

$C$  – коефіцієнт, визначається по типу дубівлі.

$$C = C_{aer} * C_h * C_{alt} * C_{rel} * C_{dir} * C_d$$

$C_{aer}$  – Аеродинамічні коефіцієнти визначаються за додатком І залежно від форми споруди або конструктивного елемента;

$C_h$  – Коефіцієнт висоти споруди враховує збільшення вітрового навантаження залежно від висоти споруди або її частини, що розглядається, над поверхнею землі ( $Z$ ), типу навколишньої місцевості і визначається за рис. 3.1.

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат.</i>			
<i>Розроб.</i>	Марус О.О.				<i>Літера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>	Голуб Г.А.					33	6
<i>Н. Контр.</i>					<i>РОЗДІЛ 3</i>		
<i>Затв.</i>							

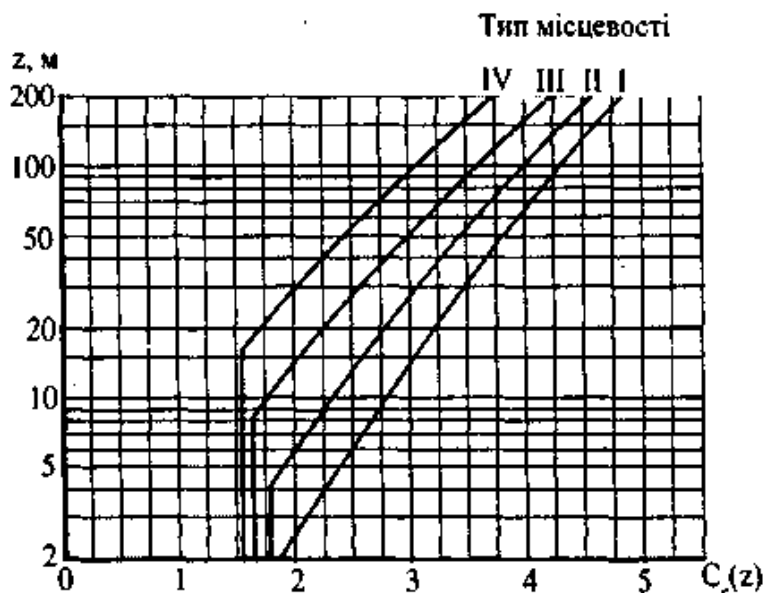


Рис 3.1. Коефіцієнт висоти споруди

Типи місцевості, що оточує будівлю чи споруду, визначаються для кожного розрахункового напрямку вітру окремо:

I – відкриті поверхні морів, озер, а також плоскі рівнини без перешкод, що піддаються дії вітру на ділянці довжиною не менш як 3 км;

II – сільська місцевість з огорожами (парканами), невеликими спорудами, будинками і деревами;

III – приміські і промислові зони, протяжні лісові масиви;

IV – міські території, на яких принаймні 15% поверхні зайняті будівлями, що мають середню висоту понад 15 м.

При визначенні типу місцевості споруда вважається розташованою на місцевості даного типу для певного розрахункового напрямку вітру, якщо у цьому напрямку така місцевість є на відстані  $30Z$  при повній висоті споруди  $Z < 60$  м або 2 км – при більшій висоті..

$C_{alt}$  – Коефіцієнт географічної висоти враховує висоту  $H$  (в кілометрах) розміщення будівельного об'єкта над рівнем моря;

$C_{rel}$  – Коефіцієнт рельєфу враховує мікрорельєф місцевості поблизу площадки розташування будівельного об'єкта і приймається таким, що

дорівнює одиниці, за винятком випадків, коли об'єкт будівництва розташований на пагорбі або схилі.

Коефіцієнт рельєфу слід враховувати в тому випадку, коли споруда розташована на пагорбі або схилі на відстані від початку схилу не меншій, ніж половина довжини схилу або півтори висоти пагорба;

$C_{dir}$  – Коефіцієнт напрямку враховує нерівномірність вітрового навантаження за напрямками вітру і, як правило, приймається таким, що дорівнює одиниці. Значення  $C_{dir}$ , що відрізняється від одиниці, допускається враховувати при спеціальному обґрунтуванні тільки для відкритої рівнинної місцевості та при наявності достатніх статистичних даних;

$C_d$  – Коефіцієнт динамічності враховує вплив пульсаційної складової вітрового навантаження і просторову кореляцію вітрового тиску на споруду.

Розрахунок вертикальних елементів:

Вертикальні елементи для конструкцій розраховуються з умови прогину[22].

$$f_{\text{факт}} < f_{\text{доп}}$$

$f_{\text{факт}}$  – фактичний прогин елемента;

$f_{\text{доп}}$  – допустимий прогин.

$$f_{\text{доп}} = \frac{L}{300}$$

$$f_{\text{факт}} = \frac{5}{384} * \frac{W * B_{\text{ср}} * H_{\text{ср}}^4}{E * J_x}$$

$E$  – модуль пружності;

$J_x$  – центральний момент інерції по осі X-X.

Розрахунок на міцність:

Розрахунок на міцність елементів, схильних до центрального розташування або стиснення силою  $N$ , слід виконати за формулою:

$$\sigma = \frac{N}{A_n} \leq R_{\gamma c}$$

$N$  – вага сонячної панелі;

					<b>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$A_n$  – площа перетину стійки;

$R_{\gamma c}$  – розрахунковий опір для сплаву 6060, 6063.

Розрахунок елементів, що згинаються

$$\sigma = \frac{M}{W_{n \min}} \leq R_{\gamma c}$$

$M$  – згинаючий момент, що розраховується за формулою:

$$M = \frac{1}{8} * W * B_{\text{ср}} * H_{\text{ср}}^2$$

$W_{n \min}$  – мінімальний момент опору перетину.

$$W_{n \min} = \frac{M}{R}$$

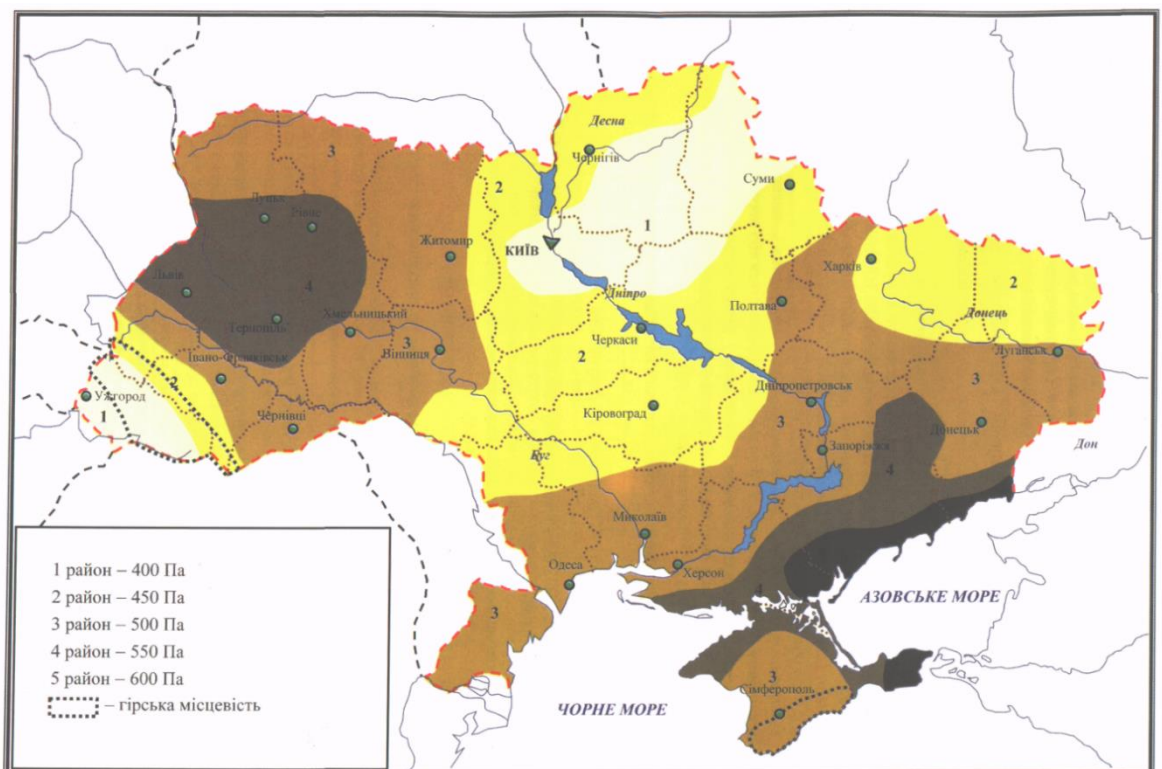


Рис 3.2. Карта районування території України за характеристичними значеннями вітрового тиску

### 3.2. Снігові навантаження

#### 1. Характеристичне (нормативне) навантаження $S_0$

$S_0$  — табличне значення снігового навантаження, яке береться з карт снігових районів відповідно до державного стандарту (ДБН). Визначає середню вагу снігу на одиницю площі.

## 2. Сумарний коефіцієнт

$$C = \mu * C_e * C_{alt}$$

де:

$\mu$  — коефіцієнт форми поверхні (залежить від кута нахилу);

$C_e$  — коефіцієнт очищення/експозиції (відображає можливість сходження снігу);

$C_{alt}$  — коефіцієнт, що враховує висоту над рівнем моря.

## 3. Граничне (розрахункове) навантаження $S_m$

$$S_m = \gamma_{fm} \cdot S_0 \cdot C$$

де  $\gamma_{fm}$  — коефіцієнт надійності за граничним станом (визначає запас міцності для перевірки несучої здатності).

$S^0$  — характеристичне значення снігового навантаження (в Па), що визначається згідно з рис 3.3.

## 4. Експлуатаційне навантаження $S_\beta$

$$S_\beta = \gamma_{fm} \cdot S_0 \cdot C$$

де  $\gamma_{fm}$  — коефіцієнт надійності за експлуатаційним станом (визначає резерв для довготривалої поведінки і деформацій).

## 5. Квазіпостійне навантаження $S_p$

$$S_p = (0,4 \cdot S_0 - S) \cdot C$$

де  $S$  — середнє багаторічне снігове навантаження (усереднене значення за спостереженнями); використовується для оцінки провисань та деформацій в сервісному стані.

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

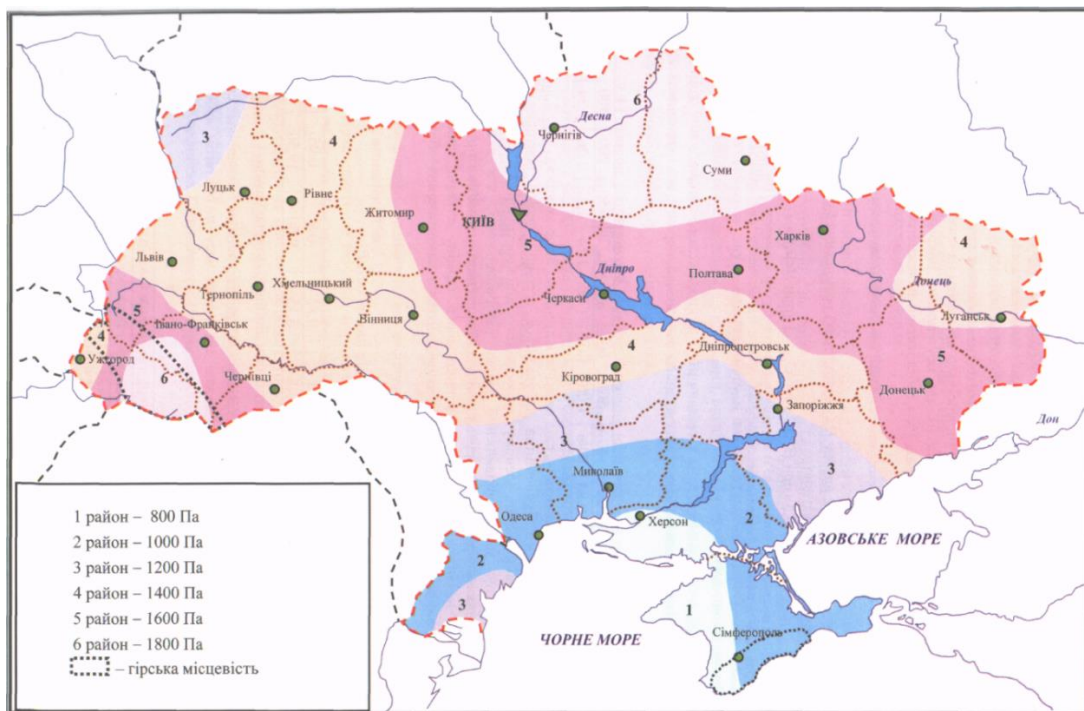


Рис 3.3. Карта районування території України за характеристичними значеннями ваги снігового покриву

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ

Арк.

38

## РОЗДІЛ 4. ОПИС ТА РОЗРАХУНКИ ПАРАМЕТРІВ ПРОФІЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

### 4.1. Обґрунтування вибору удосконалення конструкційних параметрів профільної системи для встановлення сонячних панелей в залежності від різних типів покрівель

#### 1. Оптимальний кут нахилу для максимального енергопродукту

Для фіксованих монтажів на даху України загалом рекомендують нахил модулів у діапазоні 35–40° від горизонту, орієнтованих точно на південь. Такий кут максимальним збором променевої енергії влітку, а взимку 50–60°[23].

#### 2. Розподіл навантаження без точкових ослаблень

Завдяки широкій основі (приблизно 100 мм), статичне навантаження від ваги модулів (20–25 кг/шт) та вітрових/снігових зусиль розподіляється рівномірно, без концентрації напруги в одній точці. Це виключає згинання або протікання профнастилу.

#### 3. Матеріал і корозійна стійкість

Профіль виготовляється з алюмінієвого сплаву 6060 з товстим анодованим шаром (15–20 мкм) або з поліефірним покриттям ( $\geq 25$  мкм), що гарантує захист від ультрафіолету, солей та агресивних середовищ протягом  $\geq 25$  років.

#### 4. Виробництво та адаптація

- Екструзійний спосіб дає мінімальний відсоток відходів ( $\leq 3$  %).
- Після екструзії профіль може бути розрізаний на довільні відрізки, пробивка отворів під кліпси виконується на штампуванні або лазерній різці.

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат.</i>				
<i>Розроб.</i>		Марус О.О.			<i>РОЗДІЛ 4</i>	<i>Літера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		Голуб Г.А.					39	5
<i>Н. Контр.</i>						<i>ГМаш-2101</i>		
<i>Затв.</i>								

– Завдяки уніфікованій геометрії, однакові деталі підходять під більшість типових хвильових профлистів.

- Тип покрівлі: хвильовий профлист із кутом скату до 15°.
- Потреба: нахил панелей 25–35° для максимального енергозбору.
- Обмеження: неможливість використання класичної баластної системи без додаткових рейок на профлисті.

- Завдання: створити гібридну систему, що поєднує фіксацію профілю до металічного листа та регульовані трикутні кронштейни «Південь».

Переваги гібридної системи зазначені в таблиці 4.1.

*Таблиця 4.1.*

Переваги гібридної системи

№	Перевага	Пояснення
1	Оптимальний кут	Регульовані кронштейни «Південь» забезпечують нахил 20–30° незалежно від кута даху.
2	Стабільність на профлисті	Профіль, закріплений заклепками з EPDM та бутиловою стрічкою, виключає зсув та затікання.
3	Відсутність баластів	Зменшення ваги системи на сотні кг без бетонних блоків.
4	Герметичність кріплення	Дворівневе ущільнення запобігає протікання.
5	Легка адаптація	Кронштейни просто навішуються на профіль без доопрацювань.
6	Довговічність	Алюміній 6060 з анодуванням та заклепки А2 гарантують ≥25 років.

### 3. Технічний опис компонентів зазначений в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2.

#### Технічний опис компонентів

Компонент	Матеріал/сплав	Функція
Напрямний профіль	Алюміній 6060, анодований 15–20 мкм	Основа для фіксації кронштейна
Заклепка + EPDM- шайба + стрічка	A2 / EPDM / бутил	Герметичне кріплення до даху
Кронштейн «Південь»	Алюмінієвий 6060, анодований 15–20 мкм	Регулювання кута панелі
Прижими	Алюміній, анодований 15–20 мкм	Фіксація рамки панелі

#### 5. Монтаж та обслуговування

##### 5.1 Монтажні операції:

- Підготовка поверхні: очищення і укладання бутилової стрічки під основу профілю.
- Фіксація профілю: заклепка з EPDM-шайбою крізь гребінь профлиста.
- Встановлення кронштейнів «Південь» на напрямний профіль.
- Монтаж панелі: розміщення панелі на кронштейні, фіксація прижимами.

##### 5.2 Обслуговування:

- Демонтаж: відкручування прижимів і знімання панелі без зняття профілю.
- Перевірка герметичності: візуальний огляд EPDM-ущільнень.
- Очищення даху: доступ до покрівлі без демонтажу важких елементів.

#### 6. Економічна та енергетична ефективність

- +10–15 % додаткової генерації завдяки оптимальному куту
- –100 % витрат на бетонні блоки та їх доставку.
- Зниження навантаження на конструкцію даху в кілька разів.

### 4.2. Розрахунки параметрів удосконаленої профільної системи для встановлення сонячних панелей

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Розрахунок вітрових навантажень був розрахований в програмі Maple:

```

restart;
E := 710000 :
H := 400 :
Vcp := 1.306 :
    H := 400 :
W0 := 37 :
    Ch := 0.40 :#змінна
C := 0.8·Ch = 0.320
γm := 1.14 = 1.14
We := γm·W0·C = 13.49760
W := We·Vcp = 17.62786560

```

```

fdop1 :=  $\frac{H}{300} \cdot \frac{4}{3}$ 
evalf(fdop1) = 1.333333333
fact :=  $\frac{5}{384} \cdot \frac{W \cdot Vcp \cdot (0.400)^4}{E \cdot 11.35} = 9.522860938 \cdot 10^{-10}$ 
Перевірочний розрахунок
Jx :=  $\frac{5}{384} \cdot \frac{W \cdot 1.306 \cdot (0.400)^4}{E \cdot fdop1} = 8.106335377 \cdot 10^{-9}$ 

```

```

N := 30 :
An := 11.35 :
Rχ := 1223.66 :
σ :=  $\frac{N}{A_n} \leq R_{\chi} \quad 2.643171806 \leq 1223.66$ 

```

```

M1 :=  $\frac{1}{8} \cdot W \cdot Vcp \cdot H^2 = 4.604398494 \cdot 10^5$ 
Wnmin :=  $\frac{M1}{R_{\chi}} = 376.2808700$ 
σ :=  $\frac{M1}{W_{nmin}} \leq R_{\chi} = 1223.660000 \leq 1223.66$ 

```

```
φ := 0.74 :
```

```
σ :=  $\frac{N}{\phi \cdot A_n} \leq R_{\chi} = 3.571853792 \leq 1223.66$ 
```

					АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Снігові навантаження

Вихідні дані для розрахунку зазначені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3.

### Вихідні дані

Параметр	Значення
$S_0$ (табличне)	880 Па
$\mu$ (форма, $\alpha = 35^\circ$ )	1,0
$C_e$ (очищення)	0,8
$C_{alt}$ (висота)	1,0
$\gamma_{fm}$	1,4
$\gamma_{fe}$	1,0
$\bar{S}$ (середнє)	160 Па

$$C = \mu * C_e * C_{alt} = 1,0 * 0,8 * 1,0 = 0,8;$$

$$S_m = \gamma_{fm} \cdot S^0 \cdot C = 1,4 * 880 * 0,8 = 985,6 \text{ Па};$$

$$S_\beta = \gamma_{fm} \cdot S^0 \cdot C = 1,0 * 880 * 0,8 = 704 \text{ Па};$$

$$S_p = (0,4 \cdot S^0 - \bar{S}) \cdot C = (0,4 * 880 - 160) * 0,8 = 153,6 \text{ Па}$$

**РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ  
УДОСКОНАЛЕНОЇ ПРОФІЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ  
СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ**

Перелік необхідних матеріалів на одну сонячну панель та ціна без обробітку та націнки показано в таблиці 5.1.

*Таблиця 5.1*

Перелік необхідних матеріалів на одну сонячну панель

Матеріал	Кількість	Ціна в грн.
Труба 40x45x2 Al	700 мм.	131,58
С-профіль 40x35x12x1.5	700 мм.	82,13
Профіль кронштейн 110x42x2	200 мм.	44,72
Профіль направляючий до покрівлі	1200 мм.	172,2
Профіль направляючий на кронштейн	200 мм.	40,08
Профіль прижим під панель 30мм	200 шт.	60
Болт M8x65 A2 DIN 933	8 шт.	93,60
Болт M8x20 A2 DIN 933	12 шт.	60,68
Шайба 8 A2 DIN 125	24 шт.	20,88
Гайка M8 A2 DIN 934	20 шт.	40,80
Шайба з EPDM 5.3 A2 D16	16 шт.	35,52

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат.</i>			
<i>Розроб.</i>	Марус О.О.				<i>Літера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>	Голуб Г.А.					43	9
<i>Н. Контр.</i>					<i>РОЗДІЛ 5</i>		
<i>Затв.</i>					<i>ГМаиш-2101</i>		

Шайба гровер 8 A2 DIN 7980	20 шт.	12,00
Заклепка 4,8x14 Al/Al	16 шт.	28,32
Бутилова Стрічка	1040 мм.	112,00

Ціни на метизи та самі метизи взяті з METALVIS(215 грн/кг).

Ціни на алюміній за кг. Взятий з заводу BRAZ.

Перелік обладнання показано в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2.

Перелік обладнання

Обладнання	Очікуваний строк корисного використання, років	Кількість	Ціна в грн.
Рукавички з точкою ПВХ	0.1	2	37,2
Сверло по металу Dnipro-M P6M5K5 P6M5K5 9 мм	1	1	90
Захисні окуляри YATO відкриті прозорі	5	2	286
Акумуляторная дрель-шуруповерт Dnipro-M CD-201HBC Compact	4	1	2250
Пистолет заклепочный Dnipro-M RV-3 ULTRA 2.4-4.8мм + Заклепка алюмінієвая	5	1	597
Ніж канцелярський Aхent 18 мм пластиковий (6702-A)	1	1	85

Штатив до КШМ 115/125 "ГЕКО"	6	1	1100
Ключ рожковий Sigma 12x13мм CrV Satine	4	4	180
Кутова шліфувальна машина Bosch Professional GWS 750 S, 750Вт, 125мм диск, регулятор швидкості	4	1	2382
Загалом			7007,2

У серійному виробництві виготовлення заготовок або деталей зазвичай здійснюється партіями. Основним елементом виробничого процесу виступає технологічний цикл, який у свою чергу складається з операційних циклів. Операційний цикл — це час виконання окремого завершеного етапу технологічної обробки на одному робочому місці .

Тривалість одного операційного циклу ( $T_0$ ) при обробці партії деталей, що проходять кілька технологічних етапів, залежить не лише від основного часу, а й від методу передавання заготовок між операціями: поодинці, групами або цілою партією. У виробничих процесах можуть застосовуватися три типи організації руху заготовок між операціями: послідовний, паралельний та паралельно-послідовний. Вибір того чи іншого способу дозволяє оптимізувати тривалість виробничого циклу .

Для всіх типів токарної обробки основний технологічний час визначається загальною формулою:

$$T_{\text{осн}} = \frac{L}{V_s} * n$$

$L$ – довжина шляху, який проходить інструмент в напрямку подачі в мм

$V_s$ – швидкість подачі інструменту в мм/хв.

$S$ – подача інструменту в мм/об. (при нарізуванні різі рівна кроку різі)

$n$ – кількість проходів з однаковим режимом різання.

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Часову норму на виконання складально-зварювальних робіт визначають шляхом розрахунку норми штучного часу хв., за наступною формулою:

$$T_{шт} = T_0 + T_{доп} + T_{обсл} + T_{від};$$

$T_0$ – основний час на виконання операції, хв.;

$T_{доп}$ – допоміжний час, пов'язаний з виробом, хв.;

$T_{обсл}$ – час на обслуговування обладнання та робочого місця, хв.;

$T_{від}$ – час на відпочинок і потреби, хв.

В умовах серійного та одиничного виробництва норма часу на одну одиницю продукції, враховуючи підготовчо-завершальний час, розраховується за формулою:

$$Нч = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n};$$

Розрахунок часу різання

Труба опорна:

$$P = 170 \text{ мм}$$

$$T_{o.1} = \frac{P}{V_s} * n = \frac{170}{300} * 1 = 0,6 \text{ хв.}$$

С-профіль:

$$P = 251 \text{ мм}$$

$$T_{o.2} = \frac{P}{V_s} * n = \frac{251}{300} * 1 = 0,83 \text{ хв.}$$

Кронштейн:

$$P = 382 \text{ мм}$$

$$T_{o.3} = \frac{P}{V_s} * n = \frac{382}{300} * 3 = 3,82 \text{ хв.}$$

Направляюча до покрівлі:

$$P = 298 \text{ мм}$$

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{o.4} = \frac{L}{V_s} * n = \frac{298}{300} * 3 = 2,98 \text{ хв.}$$

Направляюча панелі:

$$P = 340 \text{ мм}$$

$$T_{o.5} = \frac{P}{V_s} * n = \frac{340}{300} * 3 = 3,4 \text{ хв.}$$

Прижим для сонячної панелі:

$$P = 140 \text{ мм}$$

$$T_{o.6} = \frac{P}{V_s} * n = \frac{140}{300} * 3 = 1,4 \text{ хв.}$$

Загальний час на різання:

$$\sum T_{\text{різ.}} = T_{o.1} + T_{o.2} + T_{o.n} = 13,3 \text{ хв.};$$

Штучний час на різання:

$$T_{\text{шт.1}} = 13,3 + 18,5 + 5 + 8 = 44,8 \text{ хв.};$$

Норма часу на різання:

$$H_{ч.1} = 44,8 + 20 = 64,8 \text{ хв.};$$

Розрахунок часу свердління

Основний час свердління:

$$T_o = \frac{L}{S_o * n} * i;$$

L – розрахункова довжина робочого ходу інструменту;

S<sub>o</sub> – подача на оберт, мм/об;

n – частота обертання шпинделя, хв.-1;

i – число робочих ходів;

Свердління в трубі опорній:

$$T_{o.7} = \frac{L}{S_o * n} * i = \frac{2}{0,05 * 1000} * 16 = 0,64 \text{ хв.};$$

Свердління в С-профілі:

$$T_{o.8} = \frac{L}{S_o * n} * i = \frac{1,5}{0,05 * 1000} * 8 = 0,24 \text{ хв.};$$

Свердління кронштейнів:

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

$$T_{0.9} = \frac{L}{S_0 * n} * i = \frac{2}{0,05 * 1000} * 16 = 0,64 \text{ хв.};$$

Свердління направляючих до покрівлі:

$$T_{0.10} = \frac{L}{S_0 * n} * i = \frac{1,5}{0,05 * 1000} * 16 = 0,48 \text{ хв.};$$

Свердління направляючих панелі:

$$T_{0.11} = \frac{L}{S_0 * n} * i = \frac{2}{0,05 * 1000} * 8 = 0,24 \text{ хв.};$$

Свердління прижимів:

$$T_{0.12} = \frac{L}{S_0 * n} * i = \frac{3,3}{0,05 * 1000} * 4 = 0,26 \text{ хв.};$$

Загальний час на свердління:

$$\sum T_{\text{всерд.}} = T_{0.7} + T_{0.8} + T_{0.n} = 2,5 \text{ хв.};$$

Штучний час на свердління:

$$T_{\text{шт.2}} = 2,5 + 15 + 5 + 8 = 30,5 \text{ хв.};$$

Норма часу на свердління:

$$H_{\text{ч.2}} = 30,5 + 20 = 50,5 \text{ хв.};$$

Розрахунок загального часу складання елементів:

$$T_o = n * t$$

Орієнтовні часи на операції (можу уточнити, якщо потрібно):

$t_{\text{болт}} \approx 6$  секунд (підготовка, встановлення болта);

$t_{\text{шайба}} \approx 2$  секунди за одну шайбу;

$t_{\text{гайка}} \approx 5$  секунд на одну гайку;

$t_{\text{гровер}} \approx 2$  секунди на шайбу гровер.

$$T_{0.13} = n * t_{\text{болт}} = 20 * 6 = 120 \text{ с};$$

$$T_{0.14} = n * t_{\text{шайба}} = 24 * 2 = 48 \text{ с};$$

$$T_{0.15} = n * t_{\text{гайка}} = 20 * 5 = 100 \text{ с};$$

$$T_{0.16} = n * t_{\text{гровер}} = 20 * 2 = 40 \text{ с};$$

Загальний час збирання:

$$\sum T_{\text{звар.}} = T_{0.13} + T_{0.20} + T_{0.n} = 120 + 48 + 100 + 40 = 308 \text{ с} = 5.1 \text{ хв}$$

										Арк.
										48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ					

Норма часу на збирання:

$$N_{шт.з} = 5.1 + 5 + 7 + 8 = 25,1 \text{ хв.};$$

Розрахунок загального часу

$$N_{заг.} = N_{ч.1} + \dots + N_{ч.n} = 120,4 \text{ хв.} = 2 \text{ год.};$$

Для виготовлення системи кріплення потрібно 2 людини, то час зменшиться до 1 години.

Норма виговлення за зміну:

$$N_{в} = \frac{T_{зм.}}{N_{ч.}} = \frac{8}{1} = 8 \text{ од./зм.};$$

Норма виговлення за місяць:

$$N_{в.м} = n_{р,д} * N_{в} = 20 * 8 = 160 \text{ од./міс}$$

Витрати на електроенергію наведені в таблиці 5.3.

*Таблиця 5.3.*

Витрати на електроенергію

Операція	Триваліс ть (хв)	Потужніс ть (кВт)	Коеф. викорис т.	Триваліс ть (год)	Спожит о (кВт·го д)	Вартіст ь (грн)
Різання	64.8	1.5	0.75	1.08	1.215	5.25
Свердлін ня	50.5	1.1	0.75	0.842	0.694	3.00
Всього на 160 од. – 1542,6						8.57

Амортизація зазначена в таблиці 5.4.

*Таблиця 5.4.*

Амортизація

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Обладнання	Строк (років)	Кількість	Ціна (грн.)	Місячна амортизація (грн.)
Рукавички з точкою ПВХ	0.1	2	37.2	62.0
Сверло по металу Dnipro-M P6M5K5 P6M5K5 9 мм	1	1	90	7.5
Захисні окуляри YATO відкриті прозорі	5	2	286	2.38
Акумуляторна дрель- шуруповерт Dnipro-M CD-201HBC Compact	4	1	2250	46.88
Пістолет заклепочний Dnipro-M RV-3 ULTRA 2.4-4.8мм + Заклепка алюмінієва	5	1	597	9.95
Ніж канцелярський Axent 18 мм пластиковий (6702-A)	1	1	85	7.08
Штатив до КШМ 115/125 "GEKO"	6	1	1100	15.28
Ключ рожковий Sigma 12x13мм CrV Satine	4	4	180	0.94
Кутова шліфувальна машина Bosch Professional GWS 750 S	4	1	2382	49.63
Загальна амортизація на од. -9,64 грн.				201

Розрахунок собівартості одиниці

										Арк.
										50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>					

Собівартість одиниці продукції розраховується за формулою:

Повна\_собівартість = Матеріали + Оплата\_праці + Податки + Послуги +  
Електроенергія + Амортизація

Ціна реалізації одиниці з рентабельністю:

Ціна\_реалізації = Повна\_собівартість / (1 - Рентабельність)

Прибуток з одиниці:

Прибуток = Ціна\_реалізації - Повна\_собівартість

Місячний прибуток (на 160 од.):

Прибуток\_місячний = Прибуток × 160

Стаття витрат	Значення, грн
Матеріали	7007.00
Оплата праці (2 працівники)	417.00
ЄСВ (єдиний соцвнесок)	75.00
Єдиний податок	73.34
ПДФО (18%)	75.00
Військовий збір (5%)	20.85
Послуга фрезування ЧПУ	140.00
Вантажоперевезення	194.45
Вантажники	19.45
Електроенергія	7.14
Амортизація	8.00
Разом податки + послуги	613.23
Повна собівартість одиниці виробу	8037.23

Визначення прибутку від реалізації

Ціна реалізації з 10% рентабельністю: 8840.94 грн

Очікуваний прибуток з одиниці: 803,71 грн

Кількість одиниць на місяць: 160

Місячний дохід: 1414454,4 грн

					АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Вигляд 3Д моделі сонячного кронштейна зображено на рис 5.1, та рис 5.2.

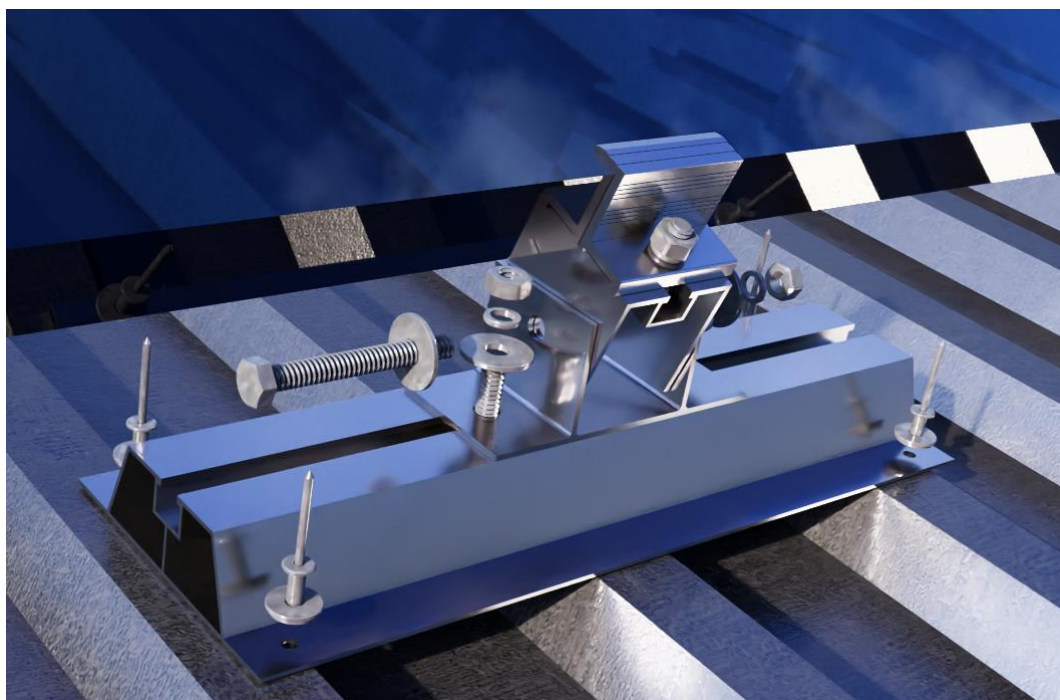


Рис 5.1. Вигляд кронштейну попереду

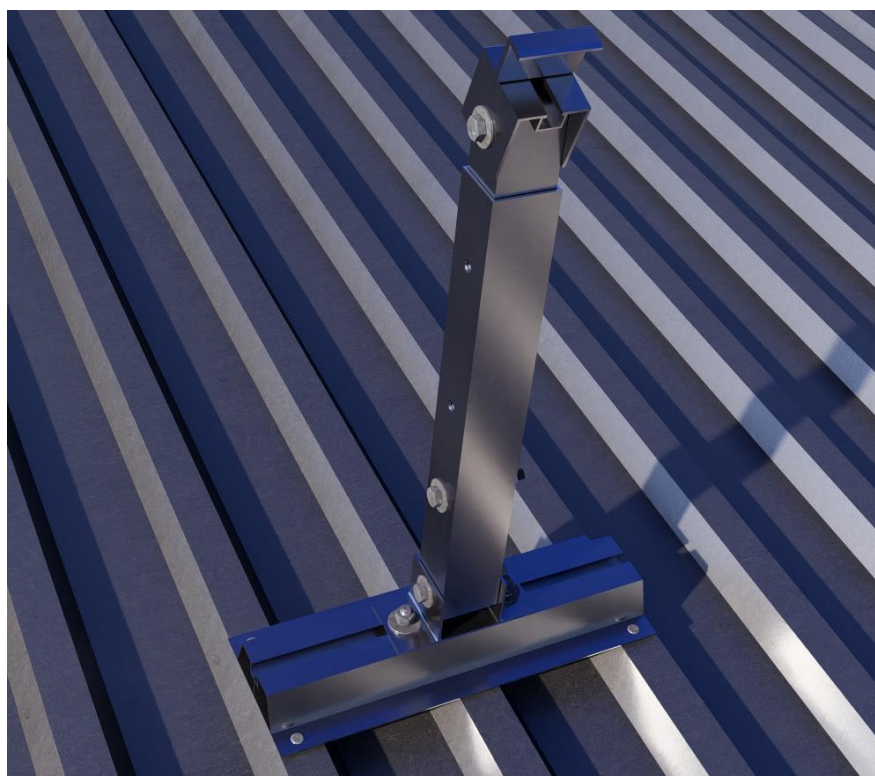


Рис 5.2. Вигляд кронштейну позаду

Схеми цих кронштейні на рис 5.3 та рис 5.4.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ

Арк.

52

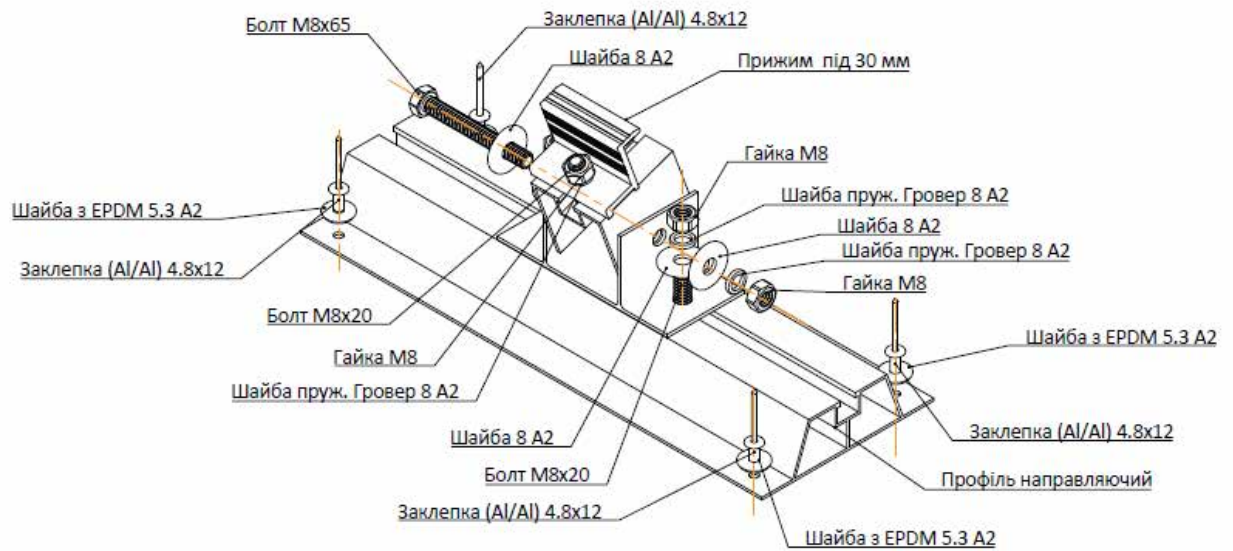


Рис 5.3. Схема передньої частини

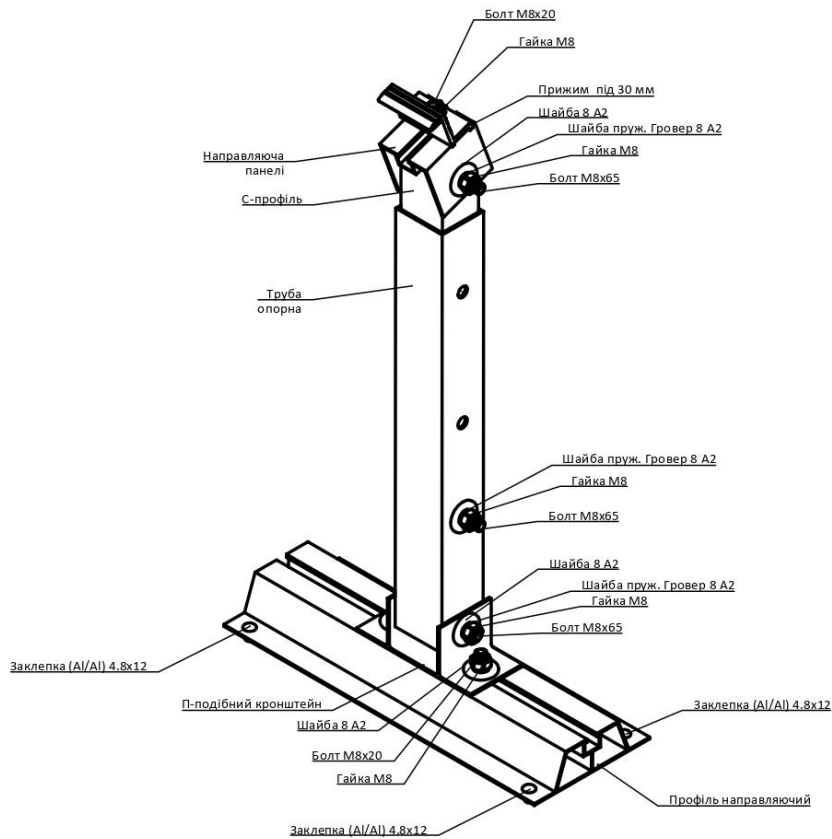


Рис 5.4. Схема задньої частини

									АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ	Арк. 53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

## ВИСНОВКИ

1. У результаті дослідження розроблено адаптовану алюмінієву профільну систему кріплення сонячних панелей для спортивного корпусу НУБіП України, що враховує особливості металевого покрівельного профілю та кліматичні навантаження Києва (вітер до 0,6 кПа, сніг до 0,9 кПа). З літературних джерел встановлено оптимальний кут сонячної панелі для найвищої її ефективності використання в залежності від пори року (кут нахилу сонячної панелі становив: для літньої пори року – 35 град.; для осені та весни – 40 град.; для зими – 45 град.).
2. Встановлення сонячних панелей на спортивний комплекс НУБіП України дозволить отримувати електричну енергію, що вплине на часткову енергоавтономність корпусу та надлишок накопиченої електроенергії можна продавати по «зеленому тарифу».
3. Вдосконалена система забезпечує надійність, довговічність і економічну доцільність встановлення сонячних панелей на спортивному корпусі НУБіП України. Вона дозволяє зменшити витрати на матеріали й монтаж, відповідає нормативам та може масштабуватися на інші будівлі університету. Перспективою є подальше випробування в агресивних середовищах і інтеграція з акумуляторними блоками задля підвищення автономності системи.
4. Були проведені теоретичні розрахунки вітрових, статичних та снігових навантажень на вдосконалену алюмінієву систему для кріплень сонячних панелей на спортивному корпусі НУБіП. Конструкція витримала максимальне вітрове навантаження  $W_e = 13,49$  кПа, виходячи з вітрового навантаження, витримало і статичні навантаження. Також витримало граничне снігове навантаження  $S_m = 985,6$  Па.

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Марус О.О.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Голуб Г.А.				54	2
Реценз.					<i>ГМаш-2101</i>		
Н. Контр.							
Затверд.							
<i>ВИСНОВКИ</i>							

5. Проведено розрахунок капітальних затрат на вдосконалення системи кріплення сонячних панелей для спортивного корпусу НУБіП України, період окупності системи та її економічну вигідність. За результатами досліджень вдосконаленої системи кріплення сонячних панелей для спортивного корпусу НУБіП України визначено, що термін окупності її не перевищує 1 року.

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		55

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://alfa.solar/uk/sonyachni-batareyi-id12>
2. <https://alupol.com.ua>
3. <http://braz.ua/site/production#production>
4. <https://solarex.com.ua/catalog/sonyachni-paneli/polikristalichni/>
5. <https://interestingengineering.com>
6. <https://ua.jingsun-power.com>
7. <https://www.solarpowereurope.org/>
8. <https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/studies/photovoltaics-report.html>
9. <https://www.solarpowerworldonline.com/2020/09/mounting-system-selection-considerations/>
10. <https://www.irena.org/publications/2021/Jun/Renewable-energy-project-development-and-site-selection>
11. <https://www.pv-tech.org/technical-papers/solar-pv-mounting-systems-a-technical-review/>
12. <https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/veroeffentlichungen-pdf-dateien-en/studien-und-konzeptpapiere/durability-and-reliability-of-pv-systems.pdf>
13. <https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/72076.pdf>
14. <https://www.seia.org/initiatives/solar-foundations-and-racking>
15. <https://kripter.ua/>
16. <https://rudnik.ua/>
17. <https://proenergo.trade/>
18. <https://altek.org.ua/>
19. <https://u-solar.ua>

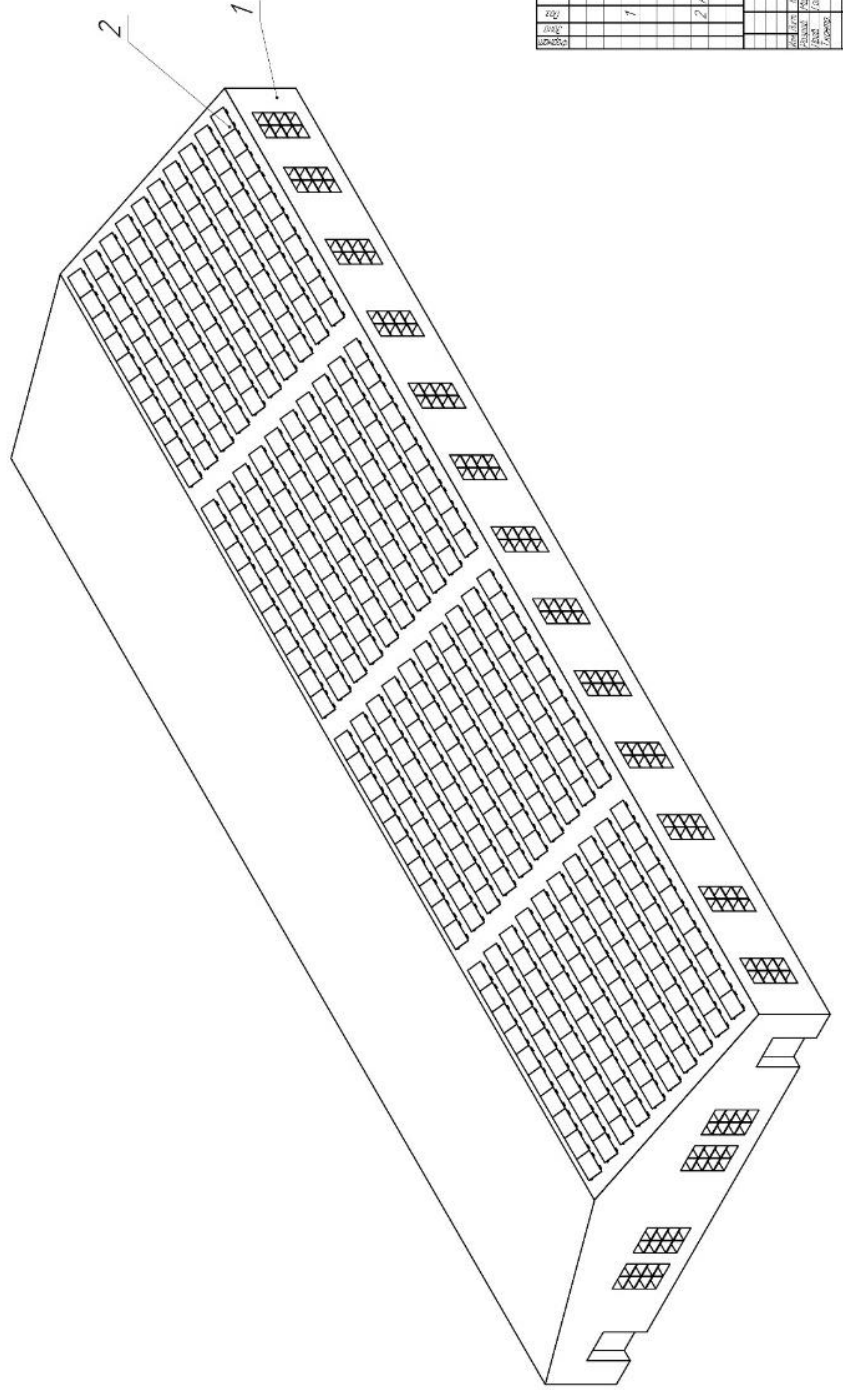
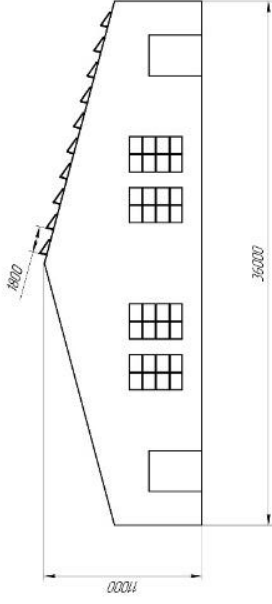
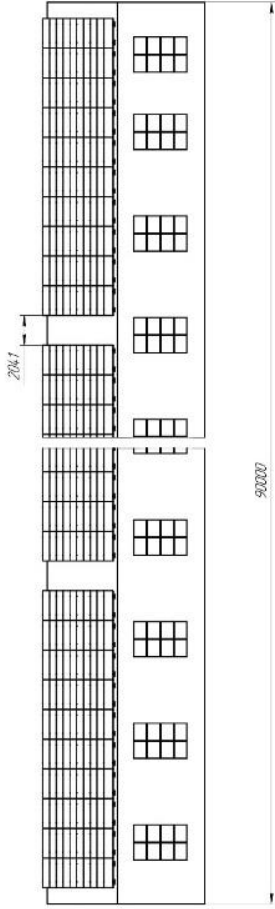
					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.	Марус О.О.					56	2	
Перевір.	Голуб Г.А.							
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.								<i>ГМаш-2101</i>

21. 37.1.-DBN-V.1.2-22006.-SNBB.-Navantazhennya-i-vplivi.-Nor.pdf
22. [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=2804](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=2804)
23. <https://profilesolar.com/countries/UA>
24. Юрченко, А. В. Статична модель кремнієвих сонячних батарей, що працюють під впливом природних і апаратних факторів.
25. <https://library.if.ua/book/106/7143.html>
26. Норми випробування електроенергії. Наказ Міністерства палива та енергетики України від 28.08.2002 р. № 503. URL
27. Структура, принцип роботи та особливості монтажу сонячних панелей | Монтаж сонячних панелей | Монтаж сонячних електроустановок потужністю до 50 кВт та кабельних мереж Навчальна Програма | Profosvita

					<i>АСКП - 2025.06.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

# ДОДАТКИ

АСКП - 2025.06.00.0000 БК

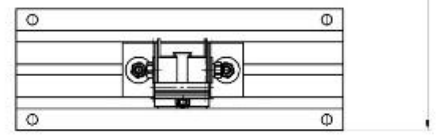
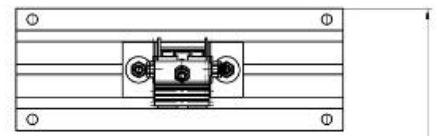
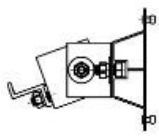
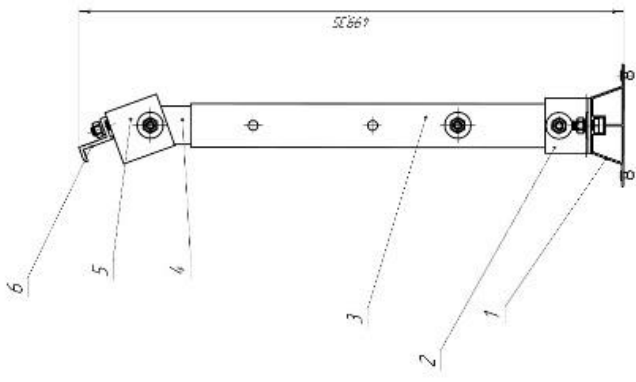


№	Имя	Фамилия	Инициалы	Дата	Время	Место	Страна	Город	Улица	Дом	Квартира	Телефон	Электронная почта
1													
2													

АСКП - 2025.06.00.0000 БК	
Имя	Фамилия
Инициалы	Дата
Время	Место
Страна	Город
Улица	Дом
Квартира	Телефон
Электронная почта	

АСКП - 2025.06.01.000 СК

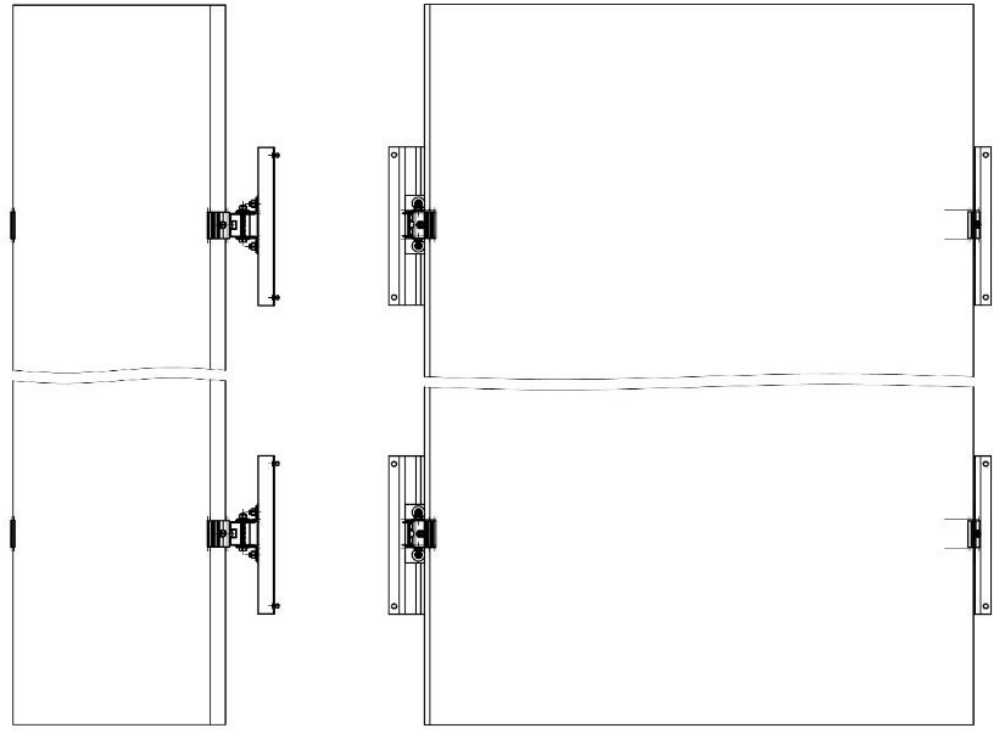


18.15

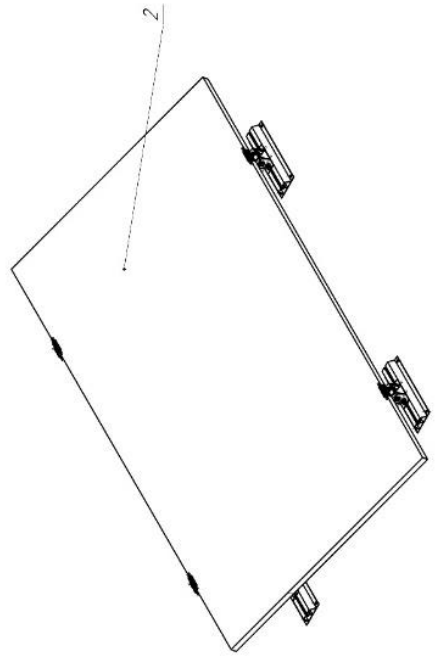
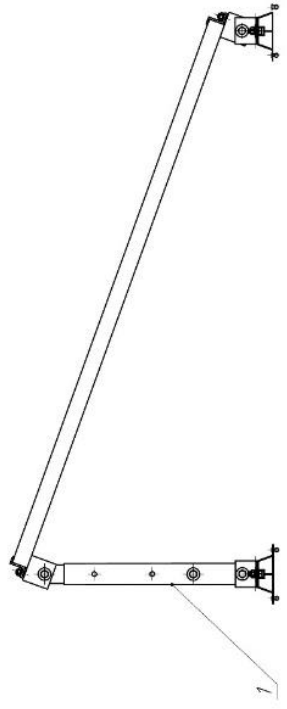
№ п/п	Обозначение	Количество	Единица измерения	Примечание
1	АСКП - 2025.06.01.000 СК	1	шт	
2	АСКП - 2025.06.01.000 СК	2	шт	Корпус крюка
3	АСКП - 2025.06.01.000 СК	2	шт	П-образный крюк
4	АСКП - 2025.06.01.000 СК	1	шт	Гайка
5	АСКП - 2025.06.01.000 СК	1	шт	С-образный крюк
6	АСКП - 2025.06.01.000 СК	2	шт	Корпус крюка
7				Специальные болты
8				Болт М8х105 А2 ZN 5.3 4 шт
9				Болт М8х120 А2 ZN 5.3 6 шт
10				Шайба А17 ZN 17.5 12 шт
11				Гайка А18 А2 ZN 5.3 8 шт
12				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
13				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
14				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
15				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
16				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
17				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
18				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
19				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
20				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
21				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
22				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
23				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
24				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
25				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
26				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
27				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
28				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
29				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
30				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
31				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
32				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
33				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
34				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
35				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
36				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
37				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
38				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
39				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
40				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
41				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
42				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
43				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
44				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
45				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
46				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
47				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
48				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
49				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
50				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
51				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
52				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
53				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
54				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
55				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
56				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
57				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
58				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
59				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
60				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
61				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
62				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
63				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
64				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
65				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
66				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
67				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
68				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
69				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
70				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
71				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
72				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
73				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
74				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
75				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
76				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
77				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
78				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
79				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
80				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
81				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
82				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
83				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
84				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
85				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
86				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
87				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
88				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
89				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
90				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
91				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
92				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
93				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
94				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
95				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
96				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
97				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
98				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
99				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт
100				Шайба А18 А2 ZN 5.3 8 шт

АСКП - 2025.06.01.000 СК	
Кронштейн	
№ п/п	Кол-во
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1
6	1
7	1
8	1
9	1
10	1
11	1
12	1
13	1
14	1
15	1
16	1
17	1
18	1
19	1
20	1
21	1
22	1
23	1
24	1
25	1
26	1
27	1
28	1
29	1
30	1
31	1
32	1
33	1
34	1
35	1
36	1
37	1
38	1
39	1
40	1
41	1
42	1
43	1
44	1
45	1
46	1
47	1
48	1
49	1
50	1
51	1
52	1
53	1
54	1
55	1
56	1
57	1
58	1
59	1
60	1
61	1
62	1
63	1
64	1
65	1
66	1
67	1
68	1
69	1
70	1
71	1
72	1
73	1
74	1
75	1
76	1
77	1
78	1
79	1
80	1
81	1
82	1
83	1
84	1
85	1
86	1
87	1
88	1
89	1
90	1
91	1
92	1
93	1
94	1
95	1
96	1
97	1
98	1
99	1
100	1

АКМТ - 2025.06.00.0002 СК



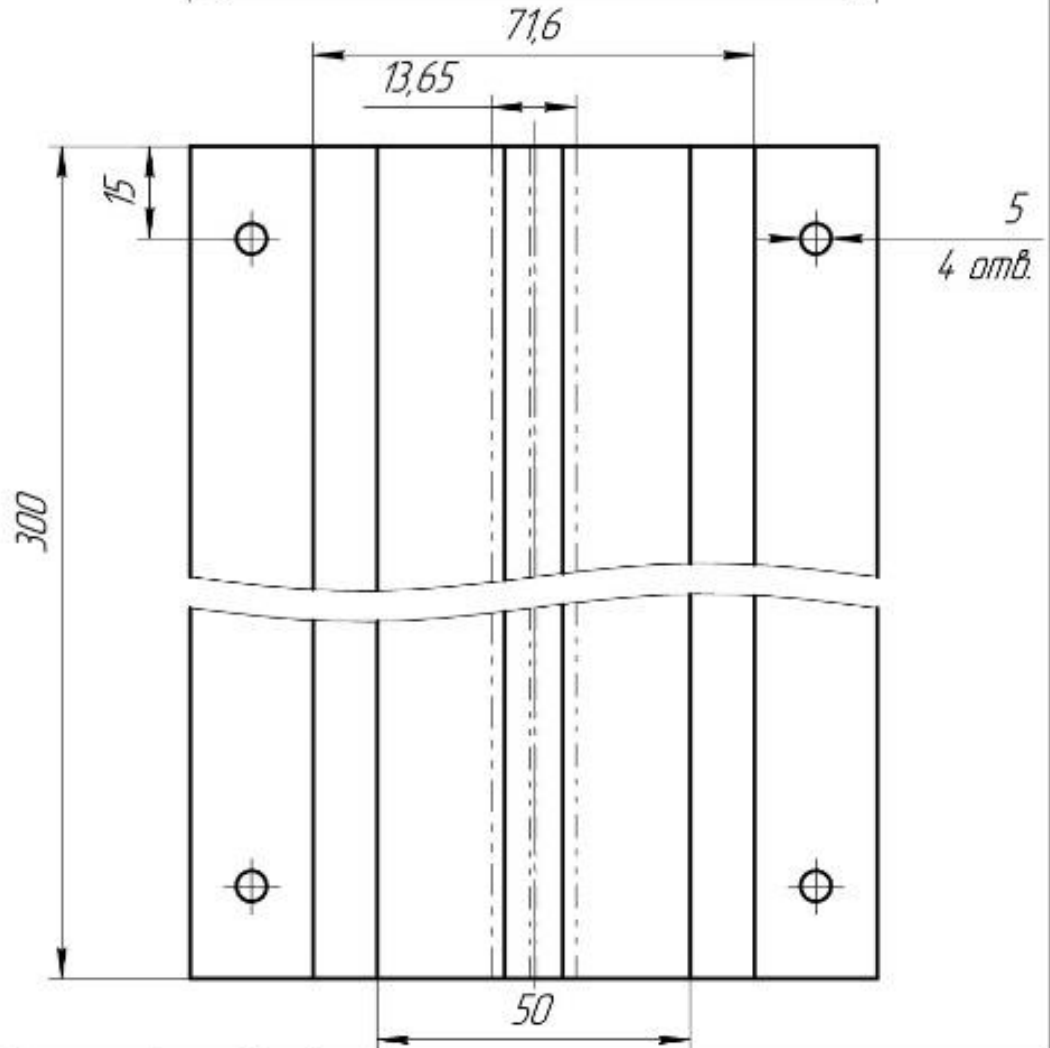
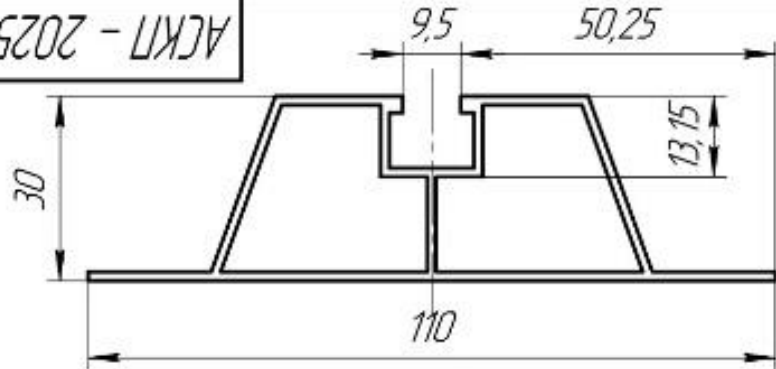
1:8



№	Обозначение	Наименование	Количество	Примечание
1	АКМТ - 2025.06.00.0001 СК	Сборочные единицы	1	
2		Стандартные болты	1	
		Стандартная гайка	1	
<b>АКМТ - 2025.06.00.0002 СК</b>				
<b>Солнечная панель</b>				
<b>э КРОШИТЕЛЬ</b>				
№	Изм.	Исполн.	Дата	Лист
1	1			14
				Итого листов 1
				ГМШ-2101
				Листов 14

ИЗМ. № 01/2025  
 Дата: 2025.06.00  
 Лист 14 из 14  
 ГМШ-2101  
 Листов 14

АСКП - 2025.06.01.001



Лист №	Листов	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата
Инв. № подл.	Листы	Листы и дата		

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Марус О.О.		
Проб.		Голуб Г.А.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

АСКП - 2025.06.01.001

Профиль направляющий

AW 6060 EN DIN 573

Лит.	Масса	Масштаб
	0,92	1:1
Лист	Листов 1	

ГМаш-2101

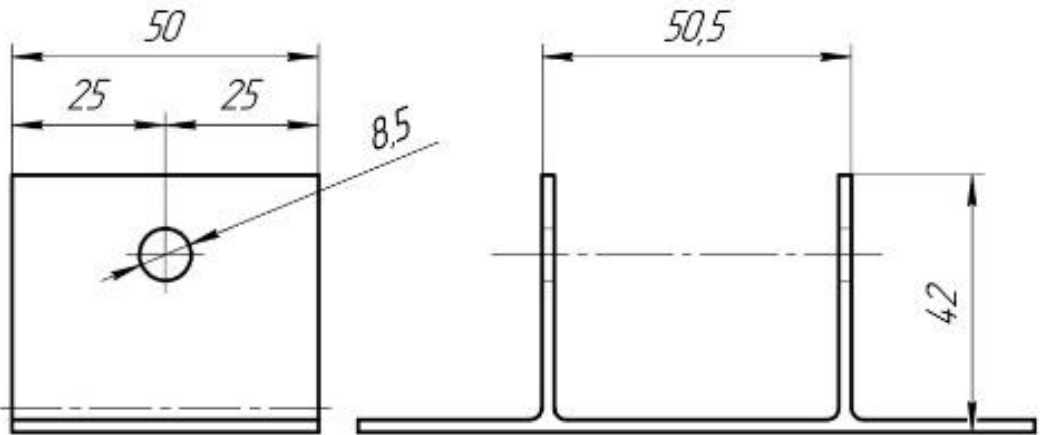
Копиравал

Формат А4

АСКП - 2025.06.01.002

Перв. эскиз

Слобод. №



Підп. і дата

Взам. шкід. №

Інв. № шкід.

Підп. і дата

Інв. № посл.

Ім'я	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
Разроб.		Марус О.О.		
Проб.		Голуб Г.А.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

АСКП - 2025.06.01.002

П-подібний  
кронштейн

Лист	Маса	Масштаб
	0,15	1:1
Лист	Листов 1	

AW 6060 EN DIN 573

ГМаш-2101

Копирвал

Формат А4

АСКП - 2025.06.01.003

Лист документа

Склад №

Подп и дата

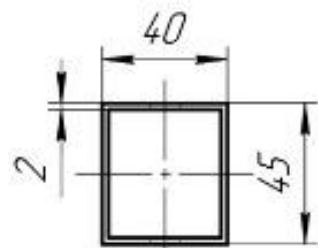
Инд. № докум

Взам. инв. №

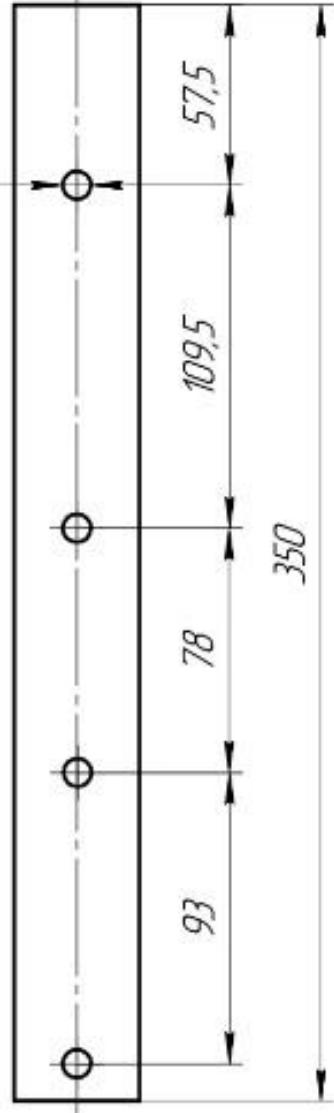
Подп. и дата

Инд. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Марус О.О.		
Проб.		Голуб Г.А.		
Т.контр.				
И.контр.				
Утв.				



9  
4 отв.



АСКП - 2025.06.01.003

Труба опорна

AW 6060 EN DIN 573

Лист	Масса	Масштаб
	0,306	1:2
Лист	Листов 1	

ГМаш-2101

Копировал

Формат А4

АСКП - 2025.06.01.004

Лист. общее

Склад. №

Подп. и дата

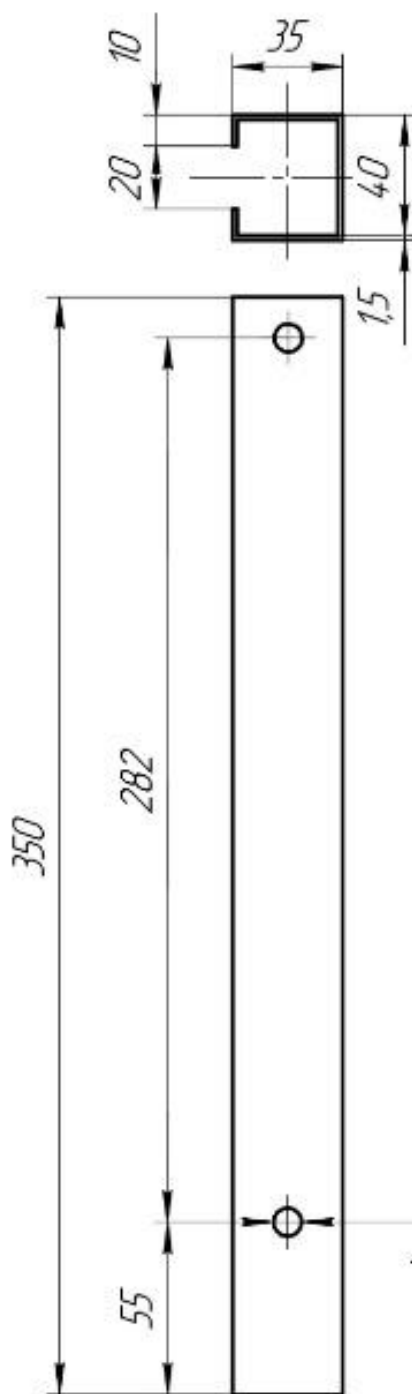
Инд. № докл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

Изм.	Лист	№ док.им.	Подп.	Дата
Разраб.		Марус. О.О.		
Проб.		Голуб. Г.А.		
Т.контр.				
И.контр.				
Утв.				



АСКП - 2025.06.01.004

C-профиль

AW 6060 EN DIN 573

Лист	Масса	Масштаб
	0,156	1:2
Лист	Листов 1	

ГМаш-2101

Копировал

Формат А4

АСКП - 2025.06.01.005

Листов. примеч.

Сторон. №

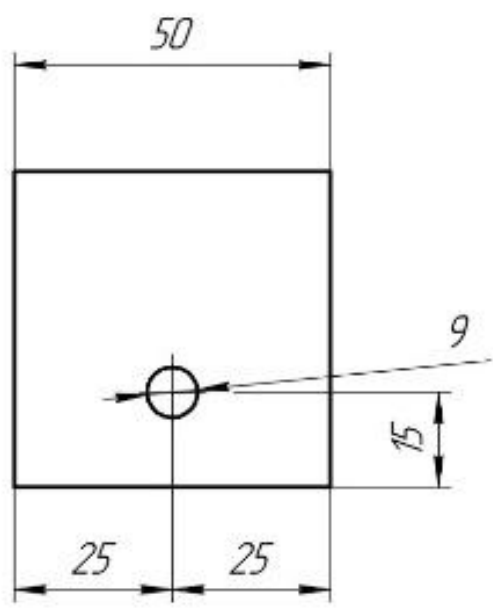
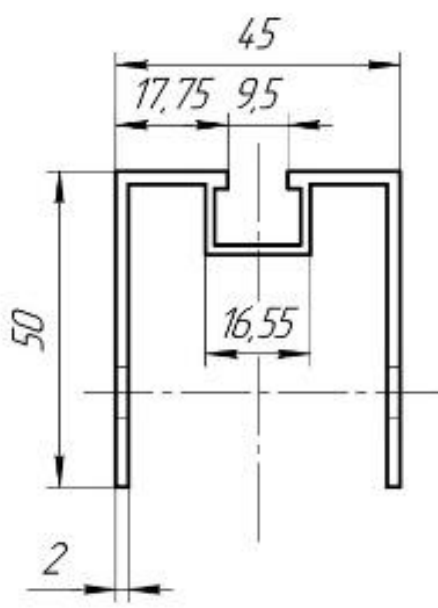
Подп. и дата

Инд. № дробл.

Взам. инд. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата
Разраб.		Марус О.О.		
Проб.		Голуб Г.А.		
Т.контр.				
И.контр.				
Утв.				

АСКП - 2025.06.01.005

Направляюча  
панелі

Лист	Масса	Масштаб
	0,04	1:1
Лист	Листов 1	

AW 6060 EN DIN 573

ГМаш-2101

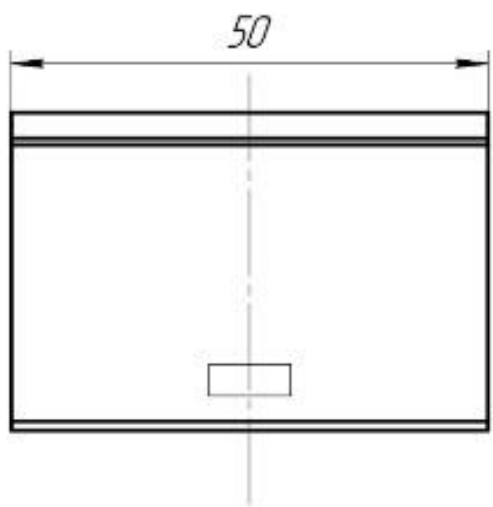
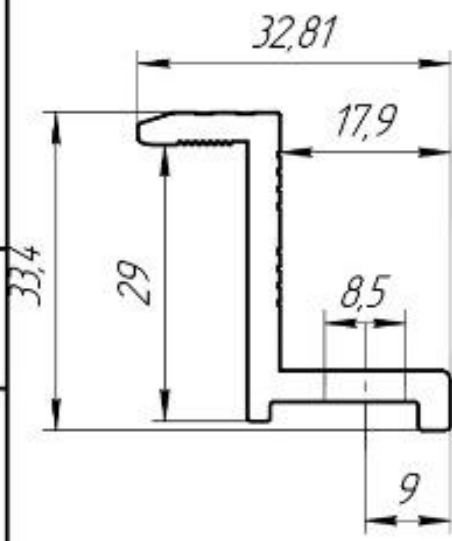
Копировав

Формат А4

АСКП - 2025.06.01.006

Листов документа

Сторона №



Подп. и дата

Инд. № докум.

Взам. инд. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

АСКП - 2025.06.01.006

Притиск

Лист	Масса	Масштаб
	0,08	1,5:1
Лист	Листов	1

AW 6060 EN DIN 573

ГМаш-2101

Калибрная

Формат А4