## Загальний опис

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Постачальник: | | | |  | | | | **ТОВ Триматек** | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |
| Покупець: | | | | | | **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |
| **№** | **Код** | | | **Номенклатура** | | | | | | | | | | | | | | **К-сть** | **Од.** | **Ціна з ПДВ** | | | | |
| 1 | 10 476 | | | Інвертор гібридний Victron Energy MultiPlus-II 48/5000/70-50 (5 кВА/4 кВт, 1 фаза, без MPPT) | | | | | | | | | | | | | | 1 | шт | 1 431,73 | | | | |
| 2 | 7 141 | | | Адаптер MK3 to USB | | | | | | | | | | | | | | 1 | шт | 104,65 | | | | |
| 3 | 11 402 | | | Панель керування Cerbo GX | | | | | | | | | | | | | | 1 | шт | 408,50 | | | | |
| 4 | 14 656 | | | Монтажна пластина для установки GX Touch 50 на стіну | | | | | | | | | | | | | | 1 | шт | 22,63 | | | | |
| 5 | 11 403 | | | Сенсорний екран GX Touch 50 для панелі керування Cerbo GX | | | | | | | | | | | | | | 1 | шт | 332,47 | | | | |
| 6 | 15 483 | | | Контролер заряду Victron Energy SmartSolar MPPT 250/100-Tr VE.Can (100А, 12/24/48В) | | | | | | | | | | | | | | 1 | шт | 925,22 | | | | |
| 7 | 13 559 | | | Вимикач навантаження Victron Energy Battery switch ON/OFF 275A | | | | | | | | | | | | | | 1 | шт | 63,07 | | | | |
| 8 | 12 432 | | | Розподілювач (шина паралельного підключення) Lynx Distribut | | | | | | | | | | | | | | 1 | шт | 366,64 | | | | |
| 9 | 20 402 | | | Акумуляторна батарея Dyness DL5.0C (5,12 кВт\*год/ 48В) | | | | | | | | | | | | | | 4 | шт | 1 764,71 | | | | |
| 10 | 18 131 | | | Шафа серверна ШС-18U/6.8С | | | | | | | | | | | | | | 1 | шт | 401,39 | | | | |
| 11 | 18 133 | | | Комплект полиці стаціонарної ШС 640 АКБ | | | | | | | | | | | | | | 4 | шт | 37,09 | | | | |
| 12 | 12 917 | | | Комплект полиці стаціонарної СШ-600 | | | | | | | | | | | | | | 4 | комплект | 30,34 | | | | |
| 13 | 8 485 | | | Плавкий запобіжник VictronEnergy MEGA-fuse 200A/58V | | | | | | | | | | | | | | 1 | шт | 52,88 | | | | |
| 14 | 8 486 | | | Плавкий запобіжник VictronEnergy MEGA-fuse 125А/58V | | | | | | | | | | | | | | 1 | шт | 52,88 | | | | |
| 15 | 12 200 | | | Сонячний кабель KBE DB+ чорний, 6 mm2, 100 м (Німеччина) | | | | | | | | | | | | | | 1 | бухта | 124,40 | | | | |
| 16 | 19 360 | | | PV модуль JA Solar JAM72S30-565/LR 565 Wp, Mono | | | | | | | | | | | | | | 12 | шт | 124,30 | | | | |
| 17 | 12 773 | | | Щит постійного струму DC 3F (ESS, ФЕМ) | | | | | | | | | | | | | | 1 | шт | 244,78 | | | | |
| 18 | 17 932 | | | MC-4 конектор Staubli MC4 FEMALE KBT4/6II-UR 5.9-8.8мм (папа) | | | | | | | | | | | | | | 10 | шт | 2,41 | | | | |
| 19 | 17 931 | | | MC-4 конектор Staubli MC4 MALE KST4/6II-UR 5.9-8.8мм (мама) | | | | | | | | | | | | | | 10 | шт | 1,83 | | | | |
|  | |  |  |  |  |  |  | | | | | | | | | | |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |  | 6 491,92 |

**Итого, USD**: …………………………………………………………………………………………………………………………………… **13394**

Сонячна електростанція потужністю 5 кВт – готове рішення для забезпечення будинку екологічно чистою електроенергією. Дана СЕС комбінованого типу (автономно-гібридна) здатна забезпечувати житловий об'єкт енергією від сонячних панелей у денний час і накопиченою в акумуляторах – вночі або при відключеннях мережі. Станція розрахована на живлення основних побутових приладів, освітлення, електроніки та забезпечує резервне електропостачання при аварійних ситуаціях. Вона підходить для зниження витрат на електроенергію та підвищення енергонезалежності приватного будинку, дачі або невеликого офісу.

## Переваги

* **Енергонезалежність:** Дозволяє виробляти власну електроенергію, зменшуючи залежність від централізованої мережі. У разі відключень світла система автоматично переключиться на живлення від батарей, забезпечуючи безперебійну роботу важливих пристроїв.
* **Економія коштів:** За рахунок генерації ~5 кВт потужності від сонця суттєво знижуються рахунки за електрику. Надлишок енергії може накопичуватися в акумуляторах або (при підключенні за «зеленим» тарифом) передаватися в мережу, що приносить додатковий дохід.
* **Екологічність:** СЕС не забруднює довкілля – сонячні панелі виробляють електрику без палива та викидів. Перехід на сонячну енергію сприяє зменшенню вуглецевого сліду та турботі про екологію.
* **Надійність та автономність:** До складу станції входять якісні комплектуючі преміум-класу (Victron Energy, Dyness та ін.), що забезпечують довгий термін служби та стабільну роботу. Наявність акумуляторної батареї дозволяє автономно живити будинок навіть уночі або в похмуру погоду.
* **Гнучкість та масштабованість:** Комплект можна адаптувати під потреби – за необхідності припустимо збільшити кількість панелей або батарей для підвищення потужності та ємності зберігання. Система моніторингу дає повний контроль над роботою станції та можливість налаштування параметрів під вимоги користувача.

## Склад комплекту (комплектуючі та характеристики)

Стандартний набір обладнання СЕС 5 кВт включає:

* **Сонячні панелі** – високоефективні монокристалічні модулі (приблизно 12 шт. по ~450 Вт кожен), загальною встановленою потужністю близько 5,4 кВт. Панелі класу Tier 1 з ККД ~20–22%, стійкі до погодних впливів (загартоване скло, алюмінієва рама) та розраховані на 25+ років служби.
* **Інвертор-зарядний пристрій** – Victron Energy MultiPlus-II 48/5000 (5 кВА/4 кВт, 1-фазний). Забезпечує перетворення постійного струму від панелей/акумуляторів на змінний 230 В для живлення будинку. Має вбудований зарядний пристрій (70 А) для акумуляторів від мережі та функцію безперебійного живлення (UPS).
* **Сонячний контролер заряду** – Victron SmartSolar MPPT 250/100 Tr. Максимальна вхідна напруга PV – до 250 В, струм заряду до 100 А (під 48 В батарею). MPPT-контролер оптимізує роботу сонячних панелей, забезпечуючи максимальну генерацію та правильний багатоступінчастий заряд акумуляторів.
* **Акумуляторна батарея** – Lithium Iron Phosphate (LiFePO4) батарея Dyness DL5.0C ємністю 5,12 кВт·год (48 В, ~100 А·год). Забезпечує накопичення енергії для нічного споживання та резервного живлення. Ресурс понад 6000 циклів заряду/розряду (глибина розряду до 80%), що відповідає ~15 рокам експлуатації. Вбудована система BMS стежить за безпекою (захист від перерозряду, перезаряду, перегріву).
* **Система моніторингу** – Victron Cerbo GX – інтелектуальний центр управління, що об'єднує всі компоненти станції. Дозволяє в реальному часі контролювати параметри (потужність панелей, заряд акумулятора, навантаження, стан мережі та ін.) через мобільний додаток або веб-портал. Забезпечує віддалений моніторинг роботи СЕС та гнучке налаштування режимів роботи інвертора та контролера.
* **Розподіл та захист DC** – шинний модуль Victron Lynx Distributor з запобіжниками для безпечного розподілу постійного струму між акумулятором, інвертором та контролером. У збірку також входить запобіжник/вимикач навантаження Victron Battery Switch (роз'єднувач на 275 А) для повного відключення батареї при обслуговуванні або тривалому зберіганні.
* **Кріпильні та монтажні елементи** – комплект алюмінієвих конструкцій для встановлення сонячних панелей (на дах або наземну раму), включаючи напрямні рейки, затискачі, кріплення з нержавіючої сталі. Також в комплект входять необхідні кабелі (сонячний провід з перетином, розрахованим на струм до 100 А, приблизно 6 мм²), конектори MC4 для панелей, кабельні вводи, автоматичні вимикачі та системи захисту (запобіжники, автомати AC/DC, блискавкозахист/розрядники) для безпечного підключення системи до існуючої електромережі будинку.

## Детальний опис компонентів

### Сонячні панелі

У комплекті використовуються монокристалічні сонячні панелі сумарною потужністю ~5 кВт. Як правило, це 10–14 фотомодулів сучасного типу (Half-Cell, PERC) з індивідуальною потужністю 400–550 Вт кожен. Панелі встановлюються на сонячній стороні (південний схил даху або відкритий майданчик) під оптимальним кутом нахилу ~30°. Вони перетворюють енергію сонця на постійний електричний струм. Завдяки високому ККД та низькому температурному коефіцієнту, панелі ефективно працюють навіть у спекотну погоду. Передбачено захист від граду та вітру: міцне скло та рама витримують суворі умови. Очікуване вироблення від 5 кВт сонячних панелей становить близько 5000–6000 кВт·год на рік, залежно від регіону та сезону. Панелі практично не потребують обслуговування, достатньо періодично очищати їх від пилу та снігу для збереження максимальної генерації. Гарантія на збереження потужності панелей зазвичай ~25 років (не менше 80% номіналу до 25-го року експлуатації).

### Інвертор Victron MultiPlus-II 48/5000 (5 кВА)

Потужний інвертор 5 кВА служить «серцем» системи – він перетворює постійний струм (48 В) від панелей або батарей на змінний 220–230 В, що підходить для живлення побутової техніки. Модель Victron MultiPlus-II 48/5000 видає постійну потужність до 4 кВт (пікова 5 кВА) і легко витримує короткочасні перевантаження для запуску важких навантажень (насоси, холодильники). Інвертор – гібридний (інвертор-зарядний): крім інвертування, він вміє заряджати акумулятори від зовнішньої мережі або генератора струмом до 70 А, а також автоматично перемикати навантаження на мережу при нестачі сонячної енергії.

## Особливості інвертора:

* **Безперебійне живлення (UPS):** перемикання на батареї відбувається за <20 мс, непомітно для роботи електроніки. При появі мережевої напруги MultiPlus синхронізується і перемикає навантаження назад на мережу, одночасно підзаряджаючи акумулятор.
* **Робота в гібридних системах:** підтримує паралельну роботу з мережею (режим Energy Assist) – підмішує енергію з мережі при пікових навантаженнях або обмежує віддачу в мережу за заданими параметрами. Можливе використання в системах із «зеленим тарифом» або режим повністю автономної роботи (off-grid).
* **Налаштування параметрів:** через систему Cerbo GX або комп'ютер можна задати пріоритети джерел, рівні заряду батареї, обмеження по потужності мережі (наприклад, щоб не перевищувати певний поріг споживання від зовнішньої мережі). Також налаштовуються параметри зарядного пристрою під тип батареї (заводські налаштування оптимізовані під LiFePO4 Dyness).
* **Якість та безпека:** Victron – один із лідерів ринку з 45-річним досвідом. Інвертор має всі необхідні захисти (від короткого замикання, перевантаження, перегріву, неправильної полярності батареї – через запобіжники Lynx). Обладнання сертифіковане та має пасивне охолодження (радіатори) та тихий вбудований вентилятор для довгострокової надійної роботи.

В результаті інвертор MultiPlus-II забезпечує стабільне електропостачання об'єкта, керуючи потоками енергії між панелями, батареєю та зовнішньою мережею для максимально ефективного використання сонячної енергії.

## Контролер заряду Victron SmartSolar MPPT 250/100

Для підключення сонячних батарей до акумулятора використовується MPPT-контролер Victron SmartSolar. Він приймає від панелей широкий діапазон напруги (до 250 В DC на вході, що дозволяє з'єднувати панелі послідовно в кілька рядків) та видає оптимальний струм заряду до 100 А для 48-вольтової акумуляторної батареї. Завдяки технології MPPT (Maximum Power Point Tracking) контролер у реальному часі відстежує точку максимальної потужності сонячного масиву, вичавлюючи максимум енергії навіть при зміні освітленості (вранці, ввечері, при частковій хмарності). ККД перетворення перевищує 98%.

Особливості контролера:

* **Інтелектуальний багатоканальний трекінг:** У випадку, якщо панелі розбиті на кілька паралельних груп, контролер ефективно розподіляє навантаження, запобігаючи дисбалансу.
* **Оптимальний заряд батареї:** Підтримуються алгоритми зарядки LiFePO4 (літій-залізо-фосфатних) акумуляторів. Заряд проходить у кілька стадій – bulk (основний), absorption (насичення) та float (підтримка) – що продовжує термін служби батареї.
* **Захисти:** Контролер оснащений захистом від перевантаження по струму, перенапруги на вході, перегріву. У разі заповнення батареї він обмежує заряд, щоб не допустити перезаряд. При відключенні навантаження або батареї – знеструмлює вихід.
* **Вбудований моніторинг:** Пристрої Victron SmartSolar мають модуль Bluetooth – за необхідності можна переглядати через додаток VictronConnect поточний стан (напруга, струм, статистику генерації) та змінювати налаштування, хоча основне управління в даному комплекті виконується через Cerbo GX.

За допомогою цього контролера сонячні панелі працюють з максимальною віддачею, а акумулятор завжди отримує правильний заряд без перевантажень, що забезпечує безпечну та ефективну роботу всієї системи.

## Акумуляторна батарея Dyness 5,12 кВт·год (LiFePO4)

У складі станції – сучасна літієва батарея Dyness DL5.0C номінальною ємністю 5,12 кВт·год (100 А·год, 51,2 В). Це глибокоциклічний модуль на основі літій-залізо-фосфатної технології, що має ряд переваг перед традиційними свинцево-кислотними акумуляторами: значно більшу циклічність, високу швидкість заряду/розряду та стабільну роботу в широкому діапазоні розряду.

Ключові властивості АКБ:

* **Великий ресурс:** Приблизно 6000 циклів при 80% глибині розряду (DoD) до зниження ємності до 80%. При щоденному циклі «заряд-розряд» це близько 15–16 років служби. Таким чином, батарея розрахована на тривалу експлуатацію без помітної втрати ємності.
* **Безпека LiFePO4:** Хімія літій-залізо-фосфат вважається однією з найбезпечніших – вона термічно стійка, не схильна до займання при коректній експлуатації. Вбудована система BMS контролює кожну комірку, вирівнює заряди (балансування) та захищає від нештатних ситуацій: перерозряд, перезаряд, перегрів, надмірний струм.
* **Ємність та напруга:** Номінальна напруга 51,2 В ідеально підходить для 48-вольтового інвертора – фактично батарея складається з 16 комірок LiFePO4 по ~3,2 В послідовно. Ємність 5,12 кВт·год достатньо, щоб, наприклад, забезпечити 5 кВт навантаження приблизно на 1 годину або 1 кВт навантаження на 5 годин (без підзаряду від сонця). При помірному споживанні (200–300 Вт базове навантаження будинку вночі) цієї ємності вистачить на всю ніч до світанку.
* **Модульна конструкція:** Корпус батареї стійковий (rack-mount) – компактний модуль, який можна встановлювати у спеціальну стійку/полицю (у комплекті передбачена стаціонарна полиця для безпечного розміщення акумулятора у приміщенні). Існує можливість масштабування: паралельне з'єднання кількох однакових модулів Dyness збільшить загальну ємність (наприклад, 2 батареї дадуть ~10 кВт·год).
* **Відсутність обслуговування:** Не потрібно доливати воду або зрівняльний заряд, як у свинцевих АКБ. Батарея повністю герметична, не виділяє пари кислоти або газ, тому може встановлюватися всередині житлових приміщень. Рекомендується експлуатувати в діапазоні температур 0…+40 °C для досягнення заявленого ресурсу.

Dyness DL5.0C надійно забезпечує систему енергією в нічні години та при перебоях. Завдяки високій потужності віддачі батарея здатна давати струми, необхідні для інвертора 5 кВт, забезпечуючи роботу приладів без просідань напруги. У поєднанні з сонячними панелями така накопичувальна система дозволяє досягти цілодобового енергопостачання об'єкта.

## Система моніторингу Victron Cerbo GX

Для координації роботи всіх пристроїв у комплекті встановлено Victron Cerbo GX – комунікаційний концентратор та контролер моніторингу. Він з'єднує між собою інвертор MultiPlus, контролер заряду SmartSolar, батарейний BMS та інші компоненти, збираючи та надсилаючи дані на інформаційні панелі. З Cerbo GX користувач отримує єдиний інтерфейс управління СЕС.

Основні можливості Cerbo GX:

* **Моніторинг параметрів:** Через підключення до інтернету (Ethernet або вбудований модуль WiFi) Cerbo GX передає дані на Victron VRM портал – де доступний детальний онлайн-моніторинг системи. У будь-який момент користувач може подивитися вироблення панелей, рівень заряду батареї, поточне споживання, історію за день/місяць тощо. Також Cerbo дозволяє контролювати систему локально – наприклад, підключивши опціональний сенсорний дисплей GX Touch 50 або через мобільний додаток по Bluetooth.
* **Управління та налаштування:** Cerbo GX дає можливість дистанційно налаштовувати параметри інвертора та контролера – змінювати режими роботи (наприклад, пріоритет живлення від сонячних панелей, межа заряду від мережі, розклад роботи генератора та ін.), оновлювати прошивки обладнання, отримувати сповіщення. При виникненні нештатних ситуацій (наприклад, перевантаження, розряд батареї нижче порога) система може надсилати повідомлення (email/SMS) власнику.
* **Розширюваність:** До Cerbo GX можна підключати додаткові датчики та модулі – наприклад, лічильник енергії на введенні від мережі, датчики температури батарей, керуючі реле для автоматизації (включення генератора при низькому заряді та ін.). Це дозволяє побудувати просунуту енерго-систему «розумного будинку», де сонячна електростанція інтегрована з іншими елементами.

Cerbo GX суттєво спрощує використання сонячної станції – робить її зрозумілою та прозорою в експлуатації. Користувач бачить, скільки енергії виробляється та споживається, може оптимізувати свою витрату, забезпечуючи максимальну віддачу від інвестицій у СЕС.

## Сонячні панелі для системи

До складу сонячної електростанції входять фотомодулі JA Solar JAM72S30-565/LR потужністю 565 Вт кожна. Це високоефективні монокристалічні панелі, що забезпечують надійну генерацію енергії.

Основні характеристики:

* Модель: JA Solar JAM72S30-565/LR
* Тип: Монокристалічний (Mono)
* Потужність однієї панелі: 565 Вт
* Кількість панелей: 12 шт.
* Сумарна потужність масиву: 5,4 кВт

Переваги:

* Висока ефективність: технологія монокристалічного кремнію забезпечує високий ККД перетворення сонячного світла в електрику.
* Надійність: JA Solar — один із провідних виробників сонячних модулів із доведеною якістю продукції.
* Стійкість до погодних умов: панелі мають міцну конструкцію, стійку до граду, вітрових навантажень та ультрафіолетового випромінювання.
* Довговічність: середній термін служби перевищує 25 років, при цьому виробник гарантує високий рівень вироблення навіть через десятиліття експлуатації.

Ці сонячні панелі інтегруються з рештою системи та підключаються через інвертор, забезпечуючи надійне енергопостачання та зниження залежності від мережі.

## Кріплення панелей, комутація та захист

У комплект стандартної СЕС 5 кВт входить повний набір аксесуарів для монтажу та безпечної роботи системи:

* **Монтажна конструкція для сонячних панелей:** Використовуються міцні полегшені елементи з анодованого алюмінію, що не піддаються корозії. Конструкція модульна – підходить під кількість та розмір панелей у комплекті (орієнтовно площа ~25–30 м²). У набір входять напрямні рейки, куточки, середні та кінцеві затискачі для фіксації модулів, а також кріплення (болти, гайки, шурупи) для встановлення на обраній поверхні. Кріплення розраховані на вітрові та снігові навантаження конкретного регіону (в середньому витримують вітер 25–30 м/с). Термін служби алюмінієвих конструкцій – не менше 30 років.
* **Кабелі та роз'єми:** Для з'єднання панелей між собою та з контролером використовуються сонячні кабелі з подвійною ізоляцією перетином 6 мм² (здатні передавати струми до 50–70 А з мінімальними втратами). Зазвичай застосовується провід двох кольорів (червоний “+” та чорний “-”) для зручності. Також комплектуються стандартні конектори MC4 – герметичні роз'єми, що спрощують комутацію панелей та гарантують надійний контакт на роки. Усі кабельні лінії прокладені із запасом по струму та захищені гофротрубою або коробом при монтажі, що запобігає механічним пошкодженням.
* **Розподіл живлення та захист:** Постійний струм від панелей та до інвертора розподіляється через блок Victron Lynx Distributor – це корпус із шинами та тримачами запобіжників MEGA. У системі встановлені високоточні запобіжники, розраховані на струми близько 125 А на лінію (точне значення підібрано під потужність 5 кВт), які захищають батарею, контролер та інвертор від перевантажень або короткого замикання. На акумуляторній лінії встановлено ручний вимикач навантаження (Battery Switch) на 275 А – з його допомогою можна безпечно знеструмити акумулятор при технічному обслуговуванні або тривалому відключенні системи.
* **Електрощит AC:** (Опціонально) Для підключення інвертора до домашньої мережі рекомендуються автоматичні вимикачі на вході та виході інвертора, а також пристрій захисту від перенапруг (ПЗІП) по змінному струму. У комплексній поставці можуть бути враховані двополюсні автомати 32–40 А для включення між інвертором та розподільним щитом будинку. Крім того, інвертор MultiPlus має вбудований програмний захист від перевантаження та запобіжники, що доповнює загальну систему безпеки.

Усі компоненти комутації та захисту в сукупності гарантують надійність та безпеку роботи електростанції. Правильно встановлені панелі та електрика не потребують втручання в процесі експлуатації, а аварійні ситуації ефективно запобігаються засобами захисту.

## Встановлення та використання

Монтаж сонячної електростанції рекомендується доручити кваліфікованим фахівцям, проте загальна процедура досить прозора: сонячні панелі монтуються на даху або наземній опорі та об'єднуються в масив, кабелем спускаються до контролера заряду, який разом з інвертором та акумулятором встановлюється у приміщенні (наприклад, у технічній шафі, гаражі, котельні). Інвертор підключається до домашньої електромережі – на вхід (до зовнішньої мережі) та на вихід (до внутрішньої мережі будинку). Акумуляторна батарея розміщується на доданій стійці або полиці у вертикальному положенні та з'єднується мідними кабелями великої товщини з інвертором через розподільний блок Lynx (полярність та порядок підключення суворо дотримуються згідно з інструкцією).

Після фізичного монтажу проводиться налаштування системи: контролер заряду конфігурується під параметри батареї (якщо це не зроблено заздалегідь), інвертор – під бажаний режим роботи. У разі гібридного використання можна налаштувати пріоритет сонячної енергії (максимальне споживання власного виробництва) або резервний режим (тримати батареї зарядженими та вмикатися лише при зникненні центрального електропостачання). За допомогою Cerbo GX та відповідного ПЗ усі основні параметри вже встановлені постачальником за замовчуванням, а тонке налаштування виконується під час запуску. Користувачеві, як правило, достатньо увімкнути систему та спостерігати за її роботою через зручний інтерфейс моніторингу.

Використання станції нескладне: в автоматичному режимі інвертор сам вибирає джерело енергії – вдень навантаження живиться від сонячних панелей (надлишок енергії йде на заряд акумулятора); увечері та вночі – від батареї, доки її заряд не знизиться до встановленого рівня, після чого може підключитися зовнішня мережа. Якщо сонячної енергії недостатньо в реальному часі, інвертор підмішує енергію з батареї або із зовнішньої мережі, забезпечуючи безперервне живлення без просідань. При поверненні сонця вранці цикл повторюється – батарея знову зарядиться. Все це відбувається без участі користувача. У разі будь-якої нештатної ситуації (наприклад, тривалі дощі та глибокий розряд батареї) система попередить через моніторинг про низький заряд, і інвертор автоматично переключиться на мережу, уникаючи повного розряду АКБ.

Для ефективної роботи рекомендується встановлювати панелі під правильним кутом та орієнтувати суворо на південь (у північній півкулі). Тіньове засвічення на панелі має бути мінімальним – за необхідності обрізають гілки дерев, що заважають, прибирають джерела затінення. Інвертор та акумулятор краще розміщувати у приміщенні з температурою +5…+30 °C та помірною вологістю – це сприяє оптимальній роботі електроніки та продовжує термін служби батареї. Пристрій Cerbo GX підключається до інтернету (через Wi-Fi роутер або кабелем) для віддаленого моніторингу – переконайтеся, що в місці встановлення є стабільний сигнал.

Після запуску системи власник може спостерігати за роботою СЕС через додаток: видно, скільки енергії генерується в кіловатах, який заряд батареї (%), яке зараз навантаження. Це дозволить за необхідності змінити свою модель споживання – наприклад, намагатися більше використовувати потужні прилади в сонячні години, коли енергія йде безпосередньо від панелей, тим самим ефективніше витрачаючи власну генерацію.

Загалом використання сонячної електростанції 5 кВт зводиться до мінімального контролю: система автономна та саморегулюється. Достатньо час від часу перевіряти індикатори та очищати обладнання.

## Додаткові рекомендації щодо експлуатації

Щоб станція прослужила максимально довго та продуктивно, слід дотримуватися простих правил експлуатації:

* **Очищення сонячних панелей:** Перевіряйте стан панелей хоча б 1–2 рази на сезон. При скупченні пилу, листя або снігу знижується генерація – акуратно очищайте поверхню м'якою щіткою або водою (не використовувати абразиви). Чисті модулі можуть давати на 5–10% більше енергії.
* **Вентиляція обладнання:** Інвертор та акумулятор при роботі виділяють невелику кількість тепла. Забезпечте достатній приплив повітря в приміщенні встановлення, не захаращуйте простір навколо приладів. Температура навколишнього середовища сильно впливає на термін служби батареї – уникайте перегріву понад +40 °C. Якщо обладнання встановлено в шафі, передбачте вентиляційні отвори або примусовий вентилятор при підвищених навантаженнях.
* **Регулярна діагностика:** Раз на рік рекомендується проводити огляд та сервісне обслуговування системи. Перевірити затягування болтових з'єднань на клемах акумулятора та запобіжниках (за час роботи вони можуть ослабнути), оглянути кабелі на предмет пошкоджень ізоляції або перегріву. Також корисно відкрити додаток моніторингу та проаналізувати статистику: чи рівномірно заряджається батарея, чи немає частих перевантажень інвертора тощо. Рання діагностика дозволяє запобігти можливим проблемам.
* **Оновлення прошивок:** Виробник Victron періодично випускає оновлення вбудованого ПЗ для інвертора, контролера, Cerbo GX, що покращують ефективність та надійність. Через систему Cerbo (або додаток VictronConnect) можна оновити прошивки пристроїв за наявності нових версій. Це необов'язкова процедура, але бажана для підтримки актуальності функціоналу.
* **Використання акумулятора:** Хоча LiFePO4-батарея не вимагає особливого догляду, намагайтеся уникати тривалого зберігання розрядженої батареї. Якщо планується вимкнути систему на тривалий час (наприклад, взимку на дачі), зарядіть батарею хоча б на 50% і вимкніть її вимикачем – у такому стані вона може зберігатися багато місяців без деградації. При експлуатації намагайтеся не допускати частих повних розрядів «в нуль» – у налаштуваннях інвертора задано захисний поріг відключення, і його не потрібно змінювати без необхідності. Це продовжить ресурс батареї.
* **Безпека:** Не вносите зміни до схеми підключення без консультації з інженером. Усі компоненти повинні відповідати початковій проектній конфігурації – використання нестандартних запобіжників або проводів може призвести до виходу з ладу обладнання. При будь-яких сумнівах у роботі системи (запах гару, сильний нагрівання контактів, незвичайні звуки) негайно вимкніть станцію (вимкнувши батарею та панелі, та інвертор від мережі) та зверніться до фахівців.

При дотриманні цих рекомендацій сонячна електростанція 5 кВт надійно служитиме вам багато років, вимагаючи мінімальної уваги. Ви отримаєте стабільне джерело енергії, знизите витрати та підвищите комфорт, знаючи, що навіть при відключеннях світла ваш будинок залишається з електрикою.

## Орієнтовна вартість та економічна вигода

Вартість комплекту обладнання потужністю 5 кВт у стандартній комплектації становить близько 200–250 тис. грн (з урахуванням ПДВ). На ціну впливає обраний бренд сонячних панелей, поточна вартість літієвих батарей та курс валют, а також чи включена у вартість встановлення «під ключ». Вказаний діапазон відноситься до самого комплекту пристроїв (панелі, інвертор, контролер, АКБ, кріплення, захист). Послуги монтажу та пусконалагодження зазвичай розраховуються окремо, виходячи зі складності об'єкта та розташування. Тим не менш, інвестуючи в якісне обладнання (Victron, Dyness та ін.), ви платите за довговічність та надійність, що знижує витрати на обслуговування та заміну в майбутньому.

Економічна ефективність: сонячна електростанція на 5 кВт здатна виробляти близько 5–6 МВт·год електроенергії на рік. Для домогосподарства, яке споживає цю енергію самостійно, це еквівалент економії приблизно 8–12 тис. грн на рік (залежно від тарифів на електроенергію). Таким чином, окупність обладнання за прямою економією становить близько 15–20 років. Однак у розрахунок не закладено зростання тарифів – при підвищенні цін на електрику ваша економія щорічно збільшуватиметься, скорочуючи термін окупності. Крім того, є можливість часткової монетизації надлишків: якщо будинок споживає не все вироблення, надлишкова енергія може продаватися державі за «зеленим» тарифом (якщо така програма доступна) або за механізмами компенсації (нетто-метрінг), що суттєво прискорить повернення інвестицій (у деяких випадках до 7–10 років).

Потрібно враховувати, що крім прямої фінансової вигоди, сонячна станція дає нематеріальні дивіденди: це резервне живлення вашого будинку. Наявність батарей та автономного інвертора врятує від збитків у разі тривалих аварій електромереж (наприклад, збереження продуктів у холодильнику, робота опалення на твердопаливному котлі з електронасосом, освітлення та зв'язок – все це підтримуватиметься). Для багатьох користувачів надійність та незалежність, які дає СЕС, цінуються не менше, ніж безпосередня економія грошей. До того ж використання відновлюваної енергії підвищує цінність нерухомості – будинок із власною сонячною електростанцією апріорі більш автономний та привабливий.

Таким чином, придбання стандартної сонячної електростанції 5 кВт – це довгострокове вкладення у вашу енергетичну незалежність. Вже з перших днів після встановлення ви відчуєте зниження витрат на електрику, а при правильній експлуатації система прослужить 20–30 років. За цей час вона багаторазово окупить себе, забезпечуючи ваш будинок енергією сонця навіть тоді, коли навколо вимкнено мережу. Це надійний, екологічний та сучасний спосіб забезпечити себе електрикою та захиститися від несподіваних збоїв енергопостачання.