



Система управління активами зернових елеваторів і портових терміналів **SAKURA-APM**



Цей проект отримав фінансування від програми досліджень та інновацій Європейського Союзу Horizon 2020 в рамках проекту BOWI, що фінансується за грантовою угодою № 873155



САКУРА-АРМ (Asset Performance Management) – це система керування ефективністю виробничих активів на основі технологій четвертої промислової революції (Industry 4.0).

Термін «активи» означає будь-яке виробниче обладнання – як обладнання, яке забезпечує життєдіяльність підприємств (енергомережі, підстанції, котли, компресори, ...) так і те, яке здійснює переробку і випуск продукції (печі, верстати, дозатори, лінії розливу чи зборки, тощо).

Як будь яка класична система АРМ система **САКУРА-АРМ** містить два основних компоненти:

- ❖ Технічне обслуговування і Ремонт (ТОiP, англійською Maintenance),
- ❖ Системи керування виробництвом, спрямовані на операційну ефективність (Operational Excellence).

Зниження операційних витрат досягається завдяки кращій надійності активів, подовженню їх термінів експлуатації (життєвого циклу), зменшенню вартості впровадження та експлуатації.

САКУРА-АРМ - це Інформаційно-аналітичною система, яка призначена для контролю та корекції ефективності, у тому числі енергоефективності, технологічних процесів на підприємстві або групі підприємств, контролю якості експлуатації та технічного обслуговування обладнання.

САКУРА-АРМ забезпечує вертикальну інтеграцію виробничих систем підприємств (підприємства) в єдину інформаційну систему і відповідає за контроль технологічних процесів, контроль та аналіз енергоспоживання, контроль та аналіз ефективності використання обладнання та контроль продуктивності виробничих процесів і виконує наступні функції:

- ✓ Контроль протікання технологічних процесів на виробництві в режимі реального часу.
- ✓ На основі аналізу великих об'ємів даних оптимізація технологічних уставок і затримок, формування рекомендацій по підвищенню продуктивності виробництва.
- ✓ Розрахунок і аналіз енергоефективності обладнання, технологічних операцій і виробництва в цілому, формування зведених і порівняльних графіків і таблиць енергоефективності за обрані проміжки часу та в різних режимах експлуатації.
- ✓ Контроль роботи персоналу, блокування та недопущення помилок і аварійних ситуацій.
- ✓ Контроль і аналіз продуктивності роботи персоналу поосібно, позмінно; планування виробничих змін і контроль розстановки персоналу у відповідності до рівня підготовки.
- ✓ Планування і контроль проведення технічного обслуговування та ремонтів обладнання.
- ✓ Облік напруцювання та споживання обладнанням енергоресурсів. Облік і планування використання запасних частин та матеріалів при проведенні ТО та ремонтів.

САКУРА-АРМ розгортається на базі платформи індустріального інтернету речей (IIoT) **САКУРА-IIOT**. Платформа **САКУРА-IIOT** дозволяє об'єднати всі окремі системи холдингу (підприємства) в єдине інформаційне поле та в режимі реального часу надає керівництву і власникам повну та достовірну інформації про протікання технологічних процесів на підприємстві, а також аналітичну і порівняльну інформації щодо енергоефективності технологічних і виробничих процесів, продуктивності роботи змін персоналу, прийому сировини і випуску продукції. Окрім власних даних, які **САКУРА-IIOT** отримує від програмного забезпечення і безпосередньо обладнання АСУ ТП, платформа здатна приймати та аналізувати дані сторонніх програм, наприклад 1С-бухгалтерії та включати отримані дані до алгоритмів аналітичної обробки і візуалізації даних, а також забезпечувати зворотну видачу необхідних даних в зовнішні програмні системи.

Переваги платформи САКУРА-IIOT

САКУРА-IIOT є високорівневою Java-платформою з відкритим кодом, яка призначена для створення корпоративних інформаційних систем і додатків. САКУРА-IIOT має масштабовану модульну архітектуру на основі популярних фреймворків, базується на Spring Framework та підтримує більшість його функцій. Модулі САКУРА-IIOT, такі як бази даних і бази додатків скомпоновані у вигляді програмних контейнерів, що забезпечує можливість інтегрувати її до обраного замовником хмарного сервісу провідних світових розробників та використовувати гарантовані сервісами функції зберігання, резервування, захисту і обробки даних, а також їх обчислювальні можливості. В залежності від масштабу Системи, що розгортається, кількості АРМ та об'єму даних, це може бути як локальний ПК або сервер підприємства, так і сервіс провідних світових розробників, наприклад [Hetzner Cloud](#), [Google Cloud](#), [Microsoft Azure](#), [Amazon Web Services](#) або інший на вибір замовника.



МОДУЛЬНІСТЬ

Архітектура платформи дозволяє замовнику обирати необхідні модулі та їх вміст, а також включати будь-який модуль до складу іншого. Це дає можливість розробляти і впроваджувати кожен компонент системи поетапно і в подальшому об'єднувати їх в єдину систему. Споживач отримує базові модулі та модулі, які максимально закривають питання збору, аналізу і візуалізації даних. Для кожного користувача забезпечується візуалізація аналітичних, статистичних, порівняльних і уточнених даних у вигляді таблиць, графіків, діаграм.

МАСШТАБУВАННЯ

Платформа дозволяє створювати горизонтально і вертикально масштабовані рішення. Підтримуються різні варіанти розгортання САКУРА-IIOT з урахуванням запланованого навантаження додатків і допустимого часу простою.

СУМІСНІСТЬ

Додатки САКУРА-IIOT сумісні з популярними базами даних, платформа підтримує практично всі існуючі інформаційні та операційні інтерфейси і протоколи передачі даних, що забезпечує можливість організації інформаційного обміну з будь-якими програмними продуктами, які працюють на підприємстві.

САКУРА-IIOT має великий набір готових форм, модулів, таблиць, графіків, діаграм і тому налаштування системи під потреби замовника зводиться до конфігурування і адаптації для конкретного застосування та не займає багато часу і ресурсів.

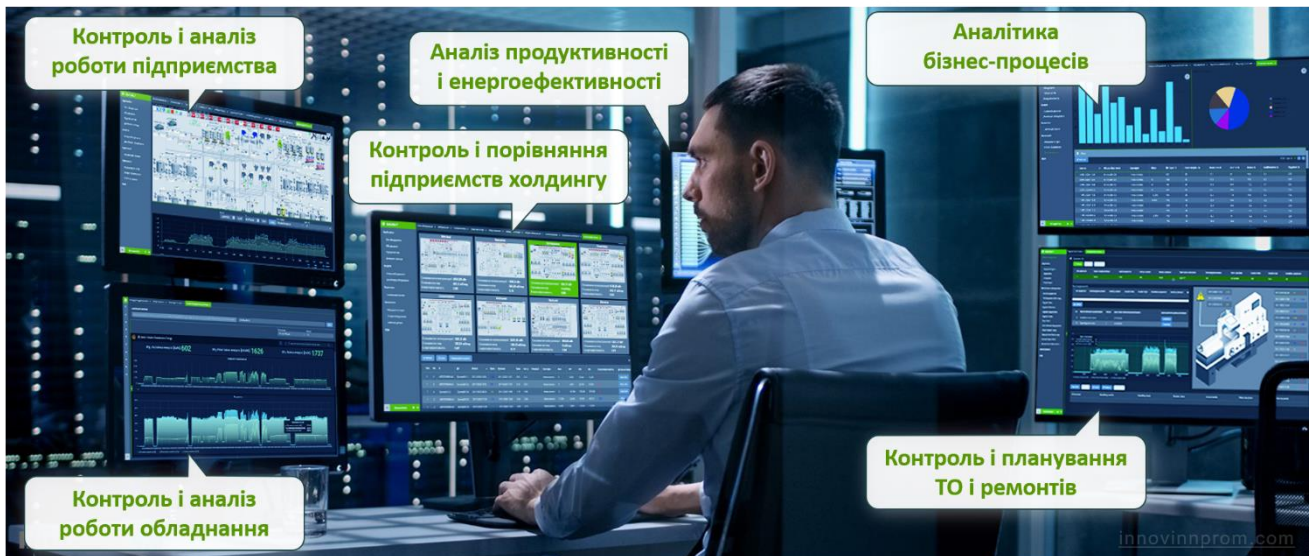


Інтегровані технології штучного інтелекту і машинного навчання (AI & ML) забезпечують можливість автоматизувати рішення аналітичних

задач на основі максимально точних прогнозів на підставі максимально повного об'єму даних, допомагаючи власникам бізнесів, аналітикам, маркетологам і іншим відповідальним співробітникам приймати правильні рішення в своїй роботі.

САКУРА-IIOT працює у будь-якому зручному для замовника браузері на будь-якій операційній системі. Для входу до **САКУРА-IIOT** достатньо ввести internet-адресу у відповідне меню браузера. Доступ до **САКУРА-IIOT** надається на основі логіна і пароля. Конфігурація вікон і сторінок **САКУРА-IIOT**, права доступу, ролі персоналу визначаються на етапах формування технічного завдання та конфігурування системи, проте персоналу надається можливість адаптувати відображення даних у зручний для особистого сприйняття вигляд.

Робочий простір інформаційних бізнес-систем на базі платформи **САКУРА-IIOT** охоплює всі стадії виробничих та бізнес-процесів холдингу (підприємства). Відповідно до прав доступу споживач отримує необхідну технологічну, фінансову, аналітичну інформацію, розроблену спеціально для нього.

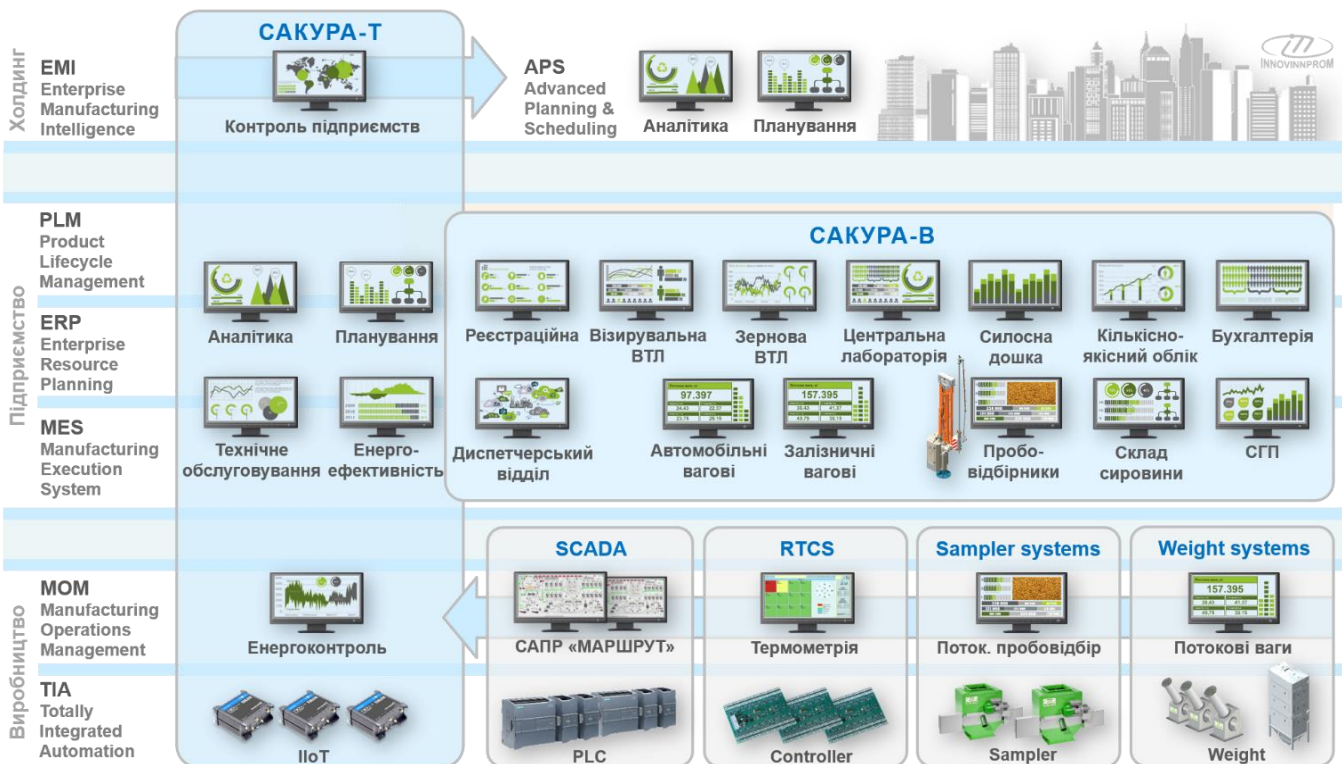


Таким чином користувач **САКУРА-IIOT** отримує в єдиному інформаційному просторі повний контроль і аналіз бізнесу від сировини до готової продукції з урахуванням витрат енергоресурсів і адміністративних витрат. При цьому значна частка процесів автоматично коригується у відповідності до інтегрованих алгоритмів штучного інтелекту і машинного навчання задля досягнення максимальної продуктивності виробництва.

Модулі САКУРА-АРМ

Склад і конфігурація модулів **САКУРА-Т** визначається і коригується на етапах експертного аудиту виробництва та формування технічного завдання у відповідності до специфіки, завдань і потреб підприємства (холдингу). Основні модулі:

- Холдинг** інформаційно-аналітичний модуль контролю, аналізу і візуалізації протікання технологічних процесів на підприємствах холдингу в режимі реального часу та в режимі обробки статистичних даних
- Підприємство** інформаційно-аналітичний модуль контролю, аналізу і візуалізації протікання технологічних процесів на підприємстві в режимі реального часу та в режимі обробки статистичних даних
- Енергомоніторинг** модуль відображення узагальненої, конкретизованої та аналітичної інформації споживання основних енергоносіїв кожною одиницею обладнання, групами обладнання, цехами з прив'язкою до технологічних і виробничих операцій
- Енергоефективність** модуль аналізу споживання основних енергоносіїв кожною одиницею обладнання, групами обладнання, цехами з прив'язкою до технологічних, виробничих операцій і формування рекомендацій щодо їх оптимізації
- ТОiP** модуль планування і контролю проведення технічного обслуговування та ремонтів на підприємствах холдингу. Основними видами інформації є інформація про напрацювання обладнання, споживання ним енергоресурсів, використання запасних частин та матеріалів при проведенні технічного обслуговування та ремонтів.



Етапи впровадження системи

Етап 1 – Розгортання платформи САКУРА-IIOT

Завдання етапу – забезпечити видачу інформації від наявних АСУ ТП на елеваторах до хмарних сервісів. По закінченню етапу Замовник отримує у бідь-якій точці планети у будь-якому браузері доступ до перегляду і аналізу технологічної інформації, наявної в АСУ ТП у відповідності до прав доступу означених у технічному завданні.

Склад робіт:

1. Розробка і погодження технічного завдання етапу.
2. Оновлення версій програмного забезпечення АСУ ТП елеваторів.
Кожна оновлена версія АСУ ТП має аналогічний інтерфейс, який не потребує перенавчання персоналу, розширений набір функцій, містить вбудовані модулі передачі даних до хмарних сервісів. Тривалість оновлення версії ПЗ для кожного з елеваторів – 1 робочий день з урахуванням зупинки 1 год.
3. Вибір, розгортання і налаштування хмарних сервісів.
4. Налаштування бази та інтерфейсу користувачів, об'єму та прав доступу користувачів до модулів і компонентів системи.
5. Розгортання модулів САКУРА-АРМ Холдинг і Елеватор.

Модуль Холдинг:

Призначений для фахівців холдингу та містить узагальнену і порівняльну, а також деталізовану інформацію по роботі АСУ ТП елеваторів холдингу у відповідності до визначених в ТЗ прав доступу, а саме:

- технологічні схеми елеваторів в масштабі реального часу;
- інтерактивні динамічні таблиці з інформацією щодо включених маршрутів і обладнання, технологічних операцій, стану обладнання та іншу інформацію;
- системні журнали АСУ ТП елеваторів;
- архівні знімки технологічних екранів за обраний час роботи.



Модуль Елеватор:

Призначений для фахівців елеваторів та містить інформацію стосовно протікання технологічних процесів і ефективності роботи кожного елеватора.

Економічний ефект від реалізації етапу:

Реалізація робіт в рамках даного етапу не матиме прямого економічного ефекту. Передбачається досягнення економічного ефекту до 8% а рахунок адміністративного впливу на виробничі і технологічні процеси на основі аналізу отриманих даних, повноти та своєчасності отримання даних.



Етап 2 – Впровадження модулів САКУРА-АРМ

Склад робіт:

1. Розробка і погодження технічного завдання етапу.
2. Розгортання модуля Енергомоніторинг.
3. Розгортання модуля Енергоефективність.
4. Розгортання модуля ТОiP.

Модуль Енергомоніторинг

Модуль забезпечує відображення усієї доступної інформації про роботу кожної одиниці обладнання. Модуль надає можливість аналізу роботи обладнання та ефективності його використання в виробничих процесах.



Параметри, що відображуються при умові використання контрольного обладнання виробництва ІННОВІНПРОМ:

- перелік обладнання;
- час включення/виключення;
- тривалість роботи;
- сумарна спожита активна, реактивна і повна енергія за обраний період часу;
- коефіцієнт навантаження обладнання;
- активна, реактивна і повна потужність;
- активний, реактивний і повний струм по кожній фазі;
- коефіцієнт потужності (cosφ) в кожній фазі;
- напруга в кожній фазі;
- активна, реактивна, повна енергія;
- споживання газу (для сушильного обладнання).

Користувач має можливість змінювати розміри і кількість екранних вікон, застосовувати фільтри відображення певних параметрів, обирати дату і період відображення.

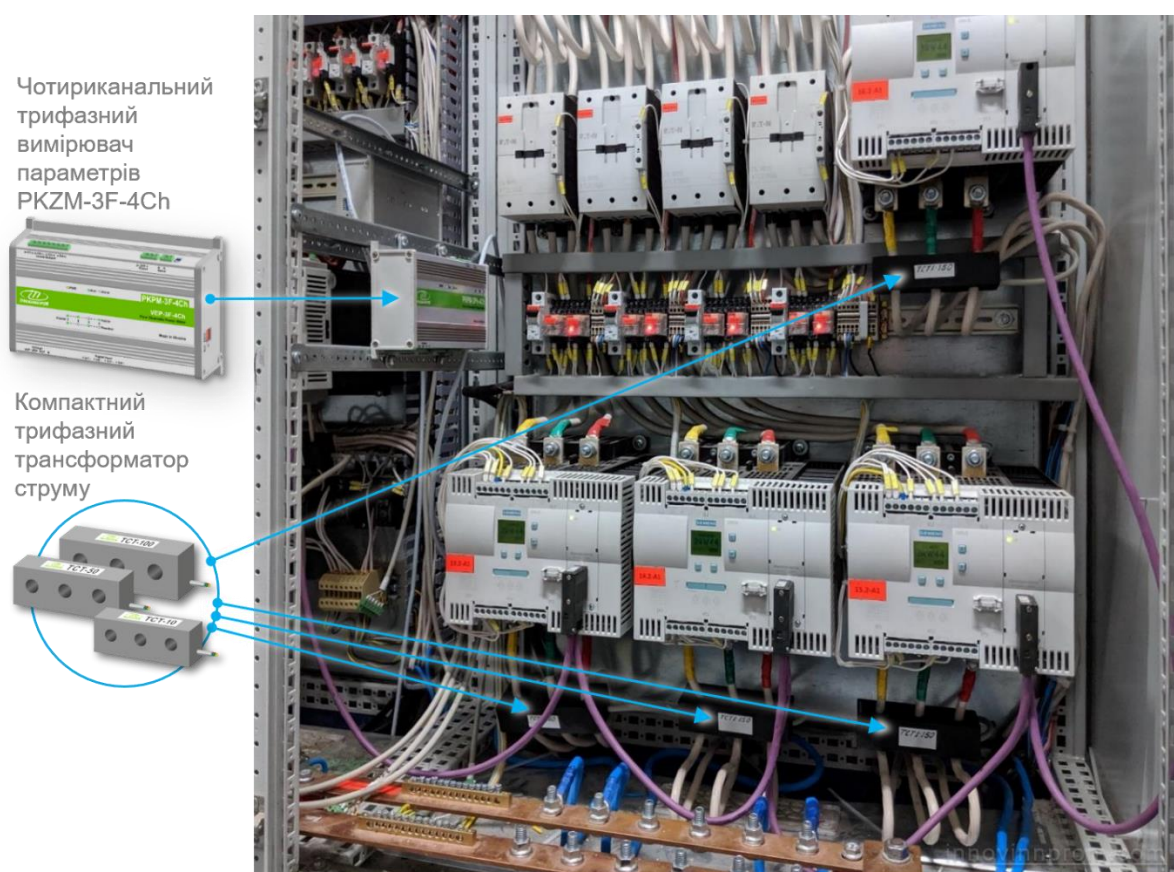
Дискретність вимірювання даних – не більше 20 мс (при використанні [обладнання виробництва ІННОВІНПРОМ](#)).

Дискретність передачі оброблених даних до бази даних – не більше 1 с (може бути зменшена за рахунок збільшення кількості шлюзів передачі даних).

Оскільки здебільшого обладнання для моніторингу енергії має бути встановлене у вже існуючі шафи, фахівці компанії ІННОВІНПРОМ розробили комплект компактного обладнання вимірювання енергії.

В склад комплекту входять чотириканальний прилад вимірювання енергетичних параметрів трифазної мережі та серія трифазних трансформаторів струму. Чотириканальний прилад вимірювання енергетичних параметрів трифазної мережі [ПКЗМ-3Ф-4К](#) виконаний в алюмінієвому корпусі і має високу точність вимірювання електричних параметрів. Прилад не потребує налаштування і калібрування, достатньо по Bluetooth каналу задати мережеву адресу приладу, швидкість передачі даних та коефіцієнти трансформації для кожного каналу вимірювання. [Трифазні трансформатори струму серії ТСТ](#) характеризуються високою точністю, невеликими габаритами та відсутністю потреби встановлення додаткових резисторів навантаження. Трансформатори підключаються до приладу штатними багатожильними екранованими кабелями.

Комплект здійснює вимірювання активних, реактивних та повних значень струму, напруги, потужності, коефіцієнта потужності та енергії в трьох фазах чотирьох споживачів та надсилає дані на IoT-шлюз. IoT-шлюз, в свою чергу, надсилає отримані дані безпосередньо у хмарні сховища для їх подальшої обробки та аналізу.



Вартість даного чотириканального комплекту, як мінімум, удвоє нижче вартості аналогічних одноканальних.

Задля забезпечення максимального об'єму даних, встановлюються додаткові IoT шлюзи передачі даних безпосередньо в хмарні сервіси.

Модуль Енергоефективність

Аналітичний модуль Енергоефективність забезпечує обробку і узагальнення інформації про ефективність, у т.ч. енергоефективність використання як окремих одиниць обладнання так і технологічних ділянок (маршрутів).

Модуль отримує дані як від **САКУРА-ІІОТ** про споживання основних енергоносіїв, так і дані від наявних на підприємстві систем обліку кількості і якості продукції (наприклад САКУРА-Виробництво, 1С-Елеватор та інш.) про кількість (вагу) продукції, а також дані від АСУ ТП про роботу технологічних ліній (маршрутів переміщення зернопродуктів на елеваторах) і роботу обладнання.

На основі даних про кількість і якість продукції та споживання основних енергоносіїв модуль здійснює обрахунок енергоефективності технологічних операцій в режимі реального часу, та формує звіти за визначений період (зміну, добу, місяць, квартал, рік і т.п.).

У випадку відсутності можливості отримати дані про кількість переміщеного зернопродукту по певному технологічному маршруту модуль виконає розрахунок кількості продукту по коефіцієнту навантаження ключового обладнання маршруту (норій і транспортерів). Також передбачається можливість ручного вводу даних (доступ до ручного вводу даних оговорюється на етапі формування технічного завдання).

Дані надаються у вигляді інтерактивних таблиць і графіків. Користувач має можливість змінювати розміри і кількість екранних таблиць, розміри і розташування колонок, приховувати колонки, сортувати дані за обраними ознаками, застосовувати фільтри відображення певних параметрів, обирати дату і період відображення.

Принцип оцінювання енергоефективності технологічних операцій на підприємстві полягає у вимірюванні кількості затрачених енергоресурсів на виконання технологічних операцій з переміщення, сушіння, відвантаження відомої кількості зернопродуктів і на основі отриманих даних розрахунок коефіцієнту енергоефективності.

Вимірювання кількості затрачених енергоресурсів здійснюється шляхом отримання даних зі штатної приводної техніки (частотних приводів і плавних пусків) і лічильників енергоресурсів (електроенергії, газу, тепла) та додатково встановлених на кожному механізмі приладів вимірювання електричних параметрів.

Вимірювання кількості переміщених зернопродуктів здійснюється шляхом отримання даних з Системи кількісного і якісного обліку зернових, наприклад, «САКУРА-Виробництво» ІННОВІНПРОМ або іншої штатної системи підприємства і даних від наявних на підприємстві ваг та встановленим потоковим витратомірами на вході кожного вертикального транспортера (норії).

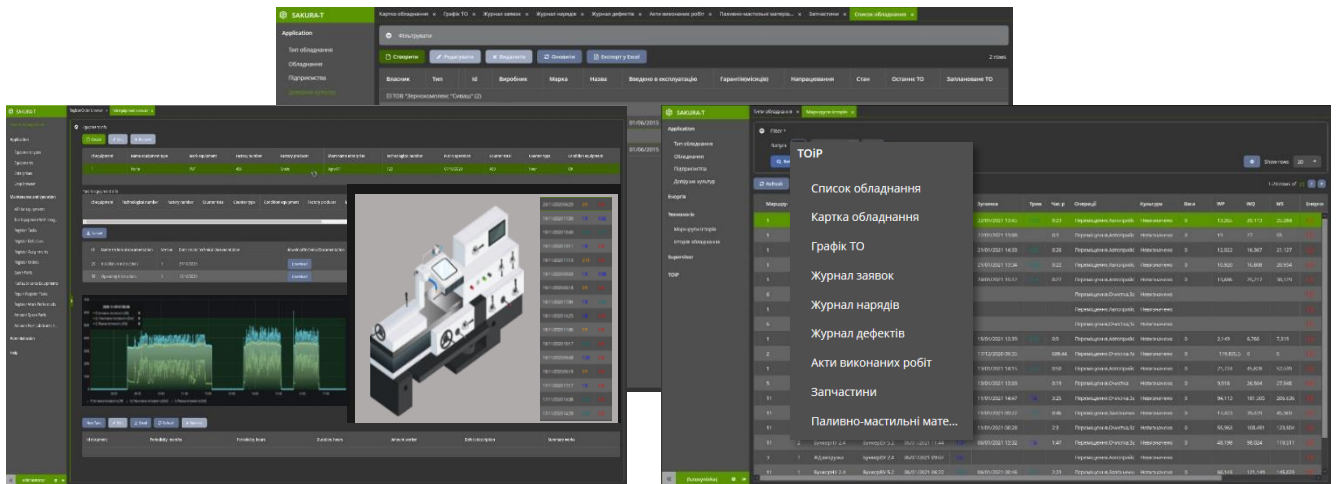
Також можливий варіант приблизного розрахунку (з точністю 5%) за даними розрахунку коефіцієнту потужності ($\cos\phi$) навантаження норій.



Модуль ТОiP

Модуль Технічне обслуговування і ремонт забезпечує планування і контроль проведення технічного обслуговування та ремонтів обладнання. Основними видами інформації є інформація про напрацювання обладнання, споживання ним енергоресурсів, використання запасних частин та матеріалів при проведенні технічного обслуговування та ремонтів. Інформацію про напрацювання обладнання та режими його роботи модуль ТОiP отримує від модуля Енергоефективність або безпосередньо з АСУ ТП.

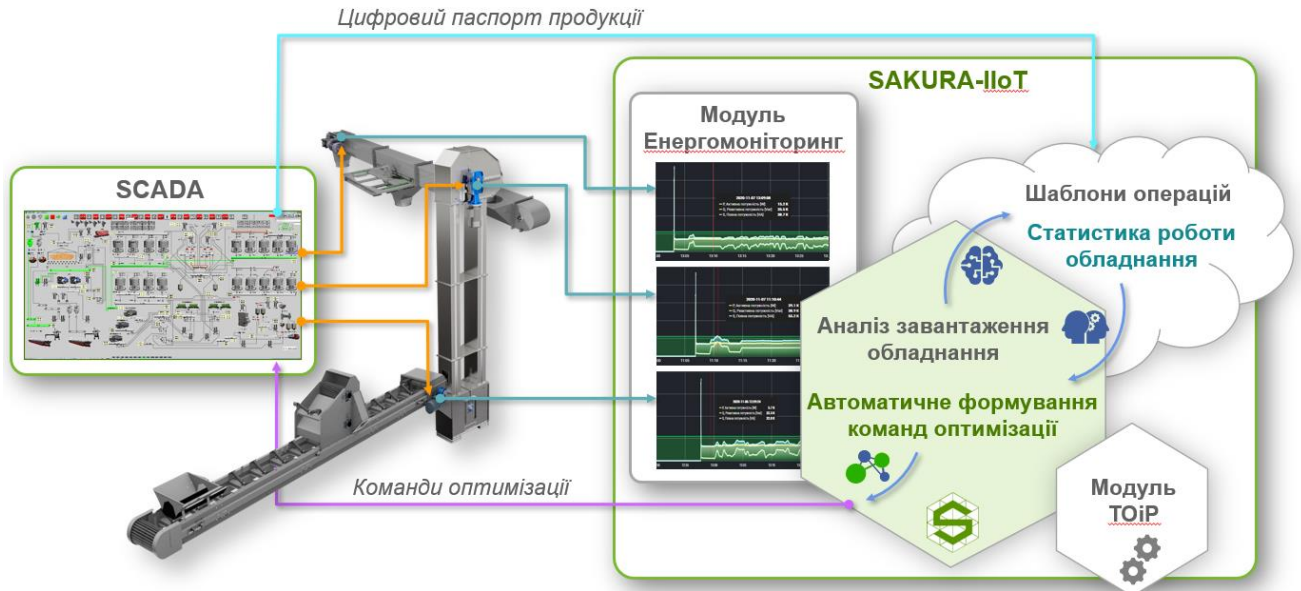
Основою модуля є графік ТО і ремонтів, на якому відображуються заплановані заходи та результати їх виконання.



Модуль оперує картками обладнання, які несуть інформацію про комплектність і стан обладнання, його напрацювання, періодичність і види технічного обслуговування.

Етап 3 – Автоматизація процесів корекції ефективності

Завдяки інтегрованим компонентам штучного інтелекту і машинного навчання за даними модуля Енергоефективність і на основі масивів статистичних даних **SAKURA-APM** автоматично формує команди для оптимізації технологічних процесів і операцій з метою забезпечення максимальних енергоефективності та продуктивності виробництва в цілому.



Чим більший об'єм та повнота даних, які отримує **SAKURA-APM**, тим якісніше розрахунок продуктивності і енергоефективності процесів. **SAKURA-APM** здійснює вичитування даних з наявного на об'єкті обладнання і програмного забезпечення, не втручаючись при цьому в хід технологічного процесу. **SAKURA-APM** підтримує більшість промислових протоколів і інтерфейсів.

Як правило, самоокупність витрат на модернізацію виробництва та вихід на чистий прибуток плануються **через 2-3 роки**. Максимальний термін самоокупності складає **5 років**. Точніше показник може бути розрахований після визначення глибини модернізації та об'єму розгортання необхідних компонентів контролю і аналізу виробництва. У будь-якому разі замовник моментально отримує повний контроль виробництва, контроль продуктивності і ефективності виробництва, у тому числі енергоефективності, та інструменти для аналізу і оптимізації виробничих витрат.

Модернізація виробництва і впровадження IIOT рішень на базі платформи **SAKURA-APM** передбачають можливість реальної економії фінансових витрат за рахунок:

- ✓ **Зниження енергоспоживання технологічного обладнання – до 10%.**
Досягається за рахунок вибору і контролю найбільш енергоефективних режимів роботи обладнання і оптимізації технологічних затримок.
- ✓ **Зниження технологічних втрат – до 15%.**
Досягається за рахунок недопущення порушення встановлених алгоритмів і норм на усіх етапах виробництва, безперервного контролю ходу технологічних операцій та дій персоналу.
- ✓ **Підвищення енергоефективності виробництва – до 20%.**
Досягається за рахунок безперервного контролю та аналізу енергоефективності виробництва, контролю точності і своєчасності виконання технологічних завдань.
- ✓ **Підвищення термінів служби обладнання – до 25%,**
Досягається за рахунок планування і контролю проведення технічного обслуговування і ремонтів обладнання, контролю якості запасних частин різних виробників.
- ✓ **Зниження експлуатаційних втрат – до 25%.**
Досягається шляхом впровадження автоматично налаштованих ліній та відповідного підвищення їх ефективності
- ✓ **Скорочення адміністративних втрат до – до 50%.**
Досягається шляхом розгортання систем управління виробництвом з функцією автоматичного відслідковування.



